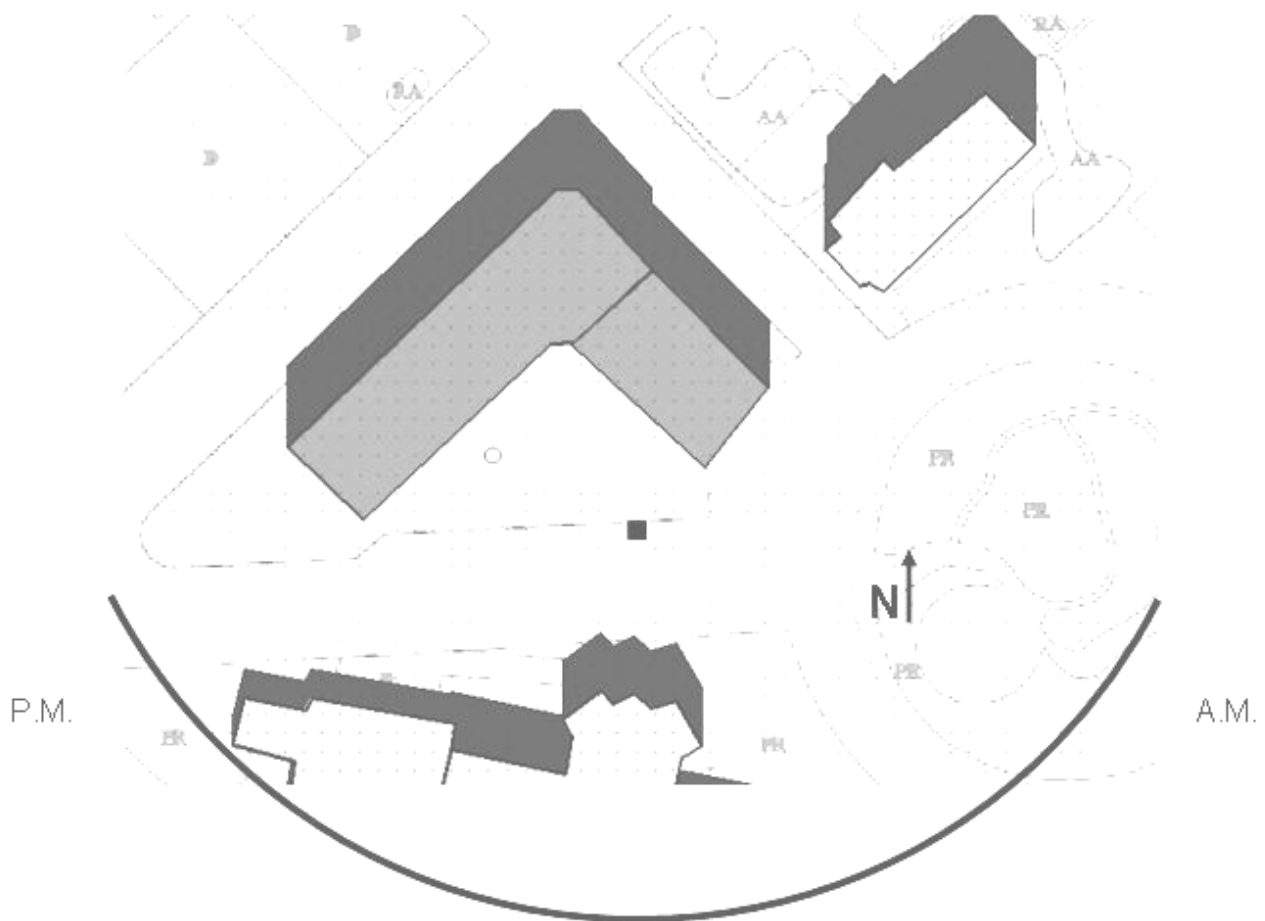


EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO EDIFICIO VÉRTEX



Master en sostenibilidad
Laura Gil Pinzón

Junio 2010

Título: Evaluación del comportamiento energético del edificio Vertex

Autor: Laura Gil

Director: Albert Cuchí

Tutor: Fabián López

Resumen

Para obtener el estado actual del edificio Vértex y su consumo energético se siguieron tres líneas de estudio: toma de temperaturas en los espacios de estudio, seguimiento de los consumos del edificio tomando datos de SIRENA y de los contadores de gas instalados en el edificio y análisis de los sistemas de climatización e iluminación del edificio utilizando programas de simulación como: LIDER y Dialux.

La obtención de toda esta información, el análisis de la misma y las acciones derivadas se organizaron en las siguientes fases:

Fase 1. Levantamiento de datos: recoger toda la información del edificio que nos permita entender su funcionamiento, cual es su estado actual y que consumo energético tiene.

Existen dos clases de datos los estáticos y los dinámicos, los cuales requieren diferentes trabajo de campo.

Fase 2. Análisis: Caracterización del edificio mediante el análisis de los datos recogidos en la Fase 1: sistemas de climatización, iluminación y otros sistemas, funcionamiento del edificio, consumo de recursos y las condiciones de confort

Fase 3. Diagnóstico: Conclusiones obtenidas a partir del análisis realizado en la Fase 2, permitiendo identificar los problemas del edificio y las posibles opciones de mejora de los ámbitos analizados: la envolvente, los sistemas, la gestión, las condiciones de confort y el consumo energético.

Fase 4. Opciones de mejora: Planteamiento de acciones de mejora específicas, que permitan solucionar los problemas del edificio identificados en la Fase 3.

Títol: Avaluació del comportament energètic de l'edifici Vèrtex

Autor: Laura Gil

Director: Albert Cuchí

Tutor: Fabián López

Resum

Per obtenir l'estat actual de l'edifici Vèrtex i el seu consum energètic es van seguir tres línies d'estudi: presa de temperatures en els espais d'estudi, seguiment dels consums de l'edifici prenent dades de SIRENA i dels comptadors de gas instal·lats a l'edifici i anàlisi dels sistemes de climatització i il·luminació de l'edifici utilitzant programes de simulació com: LIDER i Dialux.

L'obtenció de tota aquesta informació, l'anàlisi de la mateixa i les accions derivades s'han organitzat en les següents fases:

Fase 1. Aixecament de dades: recollir tota la informació de l'edifici que ens permeti entendre el seu funcionament, quin és el seu estat actual i quin consum energètic té. Hi ha dues classes de dades, estàtiques i dinàmiques, que requereixen diferents treballs de camp.

Fase 2. Anàlisi: Caracterització de l'edifici mitjançant l'anàlisi de les dades recollides en la Fase 1: sistemes de climatització, il·luminació i altres sistemes, funcionament de l'edifici, consum de recursos i les condicions de confort.

Fase 3. Diagnòstic: Conclusions obtingudes a partir de l'anàlisi realitzat a la Fase 2, permetent identificar els problemes de l'edifici i les possibles opcions de millora dels àmbits analitzats: la façana, els sistemes, la gestió, les condicions de confort i el consum energètic.

Fase 4. Opcions de millora: Plantejament d'accions de millora específiques, que permetin solucionar els problemes de l'edifici identificats a la Fase 3.

| | |
|--|-----------|
| 0. Introducción..... | 6 |
| 0.1 Objetivos..... | 6 |
| 0.2 Metodología..... | 7 |
| 1. Fase 1. Levantamiento de Datos..... | 10 |
| 1.1 Datos estáticos..... | 10 |
| 1.1.1 Características arquitectónicas y constructivas del edificio..... | 10 |
| 1.1.1.1 Arquitectura..... | 10 |
| 1.1.1.2 Construcción..... | 15 |
| 1.1.2 Características de las instalaciones del edificio..... | 21 |
| 1.1.2.1 Sistemas de climatización..... | 21 |
| 1.1.2.2 Sistemas de iluminación..... | 26 |
| 1.1.2.3 Otros sistemas y equipos..... | 27 |
| 1.1.3 Perfil de uso del edificio..... | 28 |
| 1.1.3.1 Perfil teórico de uso del edificio..... | 28 |
| 1.2 Datos dinámicos..... | 34 |
| 1.2.1 Seguimiento de los consumos energéticos del edificio..... | 34 |
| 1.2.1.1 Consumo energético del edificio..... | 34 |
| 1.2.1.2 Consumo de gas del edificio..... | 37 |
| 1.2.2 Seguimiento de las condiciones de confort..... | 38 |
| 1.2.2.1 Evolución de las condiciones climáticas de Barcelona...38 | |
| 1.2.2.2 Evolución de las temperaturas del edificio..... | 39 |
| 2. Fase 2. Análisis..... | 63 |
| 2.1 Análisis de la demanda térmica y los sistemas de climatización..... | 63 |
| 2.1.1 Análisis de la calidad de la envolvente..... | 63 |
| 2.1.2 Análisis del asoleamiento de las fachadas del edificio..... | 64 |
| 2.1.3 Análisis de la demanda necesaria..... | 67 |
| 2.1.4 Análisis de la potencia térmica disponible del edificio..... | 77 |
| 2.1.5 Comparación de la potencia térmica del edificio con la demanda necesaria..... | 82 |
| 2.2 Análisis de la demanda lumínica y los sistemas de iluminación..... | 83 |
| 2.2.1 Análisis de la iluminación natural..... | 83 |
| 2.2.2 Análisis de la iluminación artificial..... | 90 |
| 2.3 Análisis funcionamiento del edificio..... | 93 |
| 2.3.1 Ocupación de los espacios de estudio..... | 93 |
| 2.3.2 Comparación ocupación teórica y ocupación real de los espacios de estudio..... | 97 |
| 2.3.3 Gestión del edificio..... | 98 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 2.3.3.1 | Análisis de la Gestión de los sistemas de climatización del edificio..... | 98 |
| 2.4 | Análisis del consumo de recursos..... | 98 |
| 2.4.1 | Consumo de Energía..... | 98 |
| 2.4.2 | Consumo de Gas..... | 103 |
| 2.5 | Análisis de las condiciones de confort..... | 104 |
| 2.5.1 | Condiciones de confort vs ocupación..... | 104 |
| 3. | Fase 3. Diagnóstico..... | 107 |
| 3.1 | Sobre la envolvente..... | 107 |
| 3.2 | Sobre los sistemas..... | 108 |
| 3.2.1 | Sistemas de climatización..... | 108 |
| 3.2.2 | Sistemas de iluminación..... | 109 |
| 3.2.3 | Otros equipos..... | 110 |
| 3.3 | Sobre la gestión..... | 110 |
| 3.3.1 | Sistemas de climatización..... | 110 |
| 3.4 | Sobre las condiciones de confort..... | 111 |
| 3.5 | Sobre el consumo..... | 113 |
| 4. | Fase 4. Opciones de mejora..... | 115 |
| 4.1 | Sobre la envolvente..... | 115 |
| 4.2 | Sobre los sistemas..... | 117 |
| 4.2.1 | Sistemas de climatización..... | 117 |
| 4.2.2 | Sistemas de iluminación..... | 118 |
| 4.2.3 | Otros sistemas..... | 120 |
| 4.3 | Sobre la gestión..... | 121 |
| 4.3.1 | Sistemas de climatización..... | 121 |
| 4.3.2 | Sistemas de iluminación..... | 123 |
| 4.3.3 | Otros sistemas..... | 123 |
| 4.4 | Sobre las condiciones de confort..... | 124 |
| 5. | Conclusiones..... | 125 |
| 6. | Bibliografía..... | 130 |
| 7. | Anexos..... | 131 |
| 7.1 | Ocupación real del edificio..... | 131 |
| 7.2 | Evolución de las temperaturas del edificio..... | 131 |
| 7.3 | Consumos de gas del edificio..... | 132 |
| 7.4 | Índice de tablas..... | 134 |
| 7.5 | Índice de figuras..... | 134 |
| 7.6 | Índice de fotografías..... | 137 |

0. Introducción

0.1 Objetivos

- Conocer y entender el comportamiento actual del edificio, su consumo energético y los hábitos de uso de sus ocupantes, con el objetivo de identificar los puntos donde no se está alcanzando un uso eficiente de la energía.
- Identificar y proponer posibles acciones y cambios enfocados al ahorro en el consumo energético, mediante el análisis del comportamiento actual del edificio, teniendo siempre en cuenta las condiciones de confort de sus usuarios.
- Dar a conocer a los usuarios el consumo energético actual del edificio y fomentar la participación de estos en las acciones de mejora.
- Promover el uso eficiente de la energía en el edificio mediante la concientización de los usuarios de este.
- Fomentar el seguimiento de las acciones de mejora propuestas y del consumo energético del edificio

0.2 Metodología

Buscando tener datos más exactos del comportamiento térmico del edificio, se seleccionaron seis espacios tipo del edificio, los cuales fueron estudiados más detalladamente, verificando los datos obtenidos en el levantamiento de datos y tomando datos nuevos que sirvan de referencia para la realización del diagnóstico.

Los espacios se seleccionaron estratégicamente según su uso principal, su ocupación y su ubicación en el edificio.

Se buscaron espacios con orientaciones diferentes con el objetivo de estudiar su comportamiento térmico relacionado con la ocupación y los sistemas de climatización.

Los espacios escogidos fueron los siguientes: CITIES, GEOS, Servei de Patrimoni, Prevenció de riscos laborals, Servei de personal y Servei de desenvolupament professional y el aula 215.

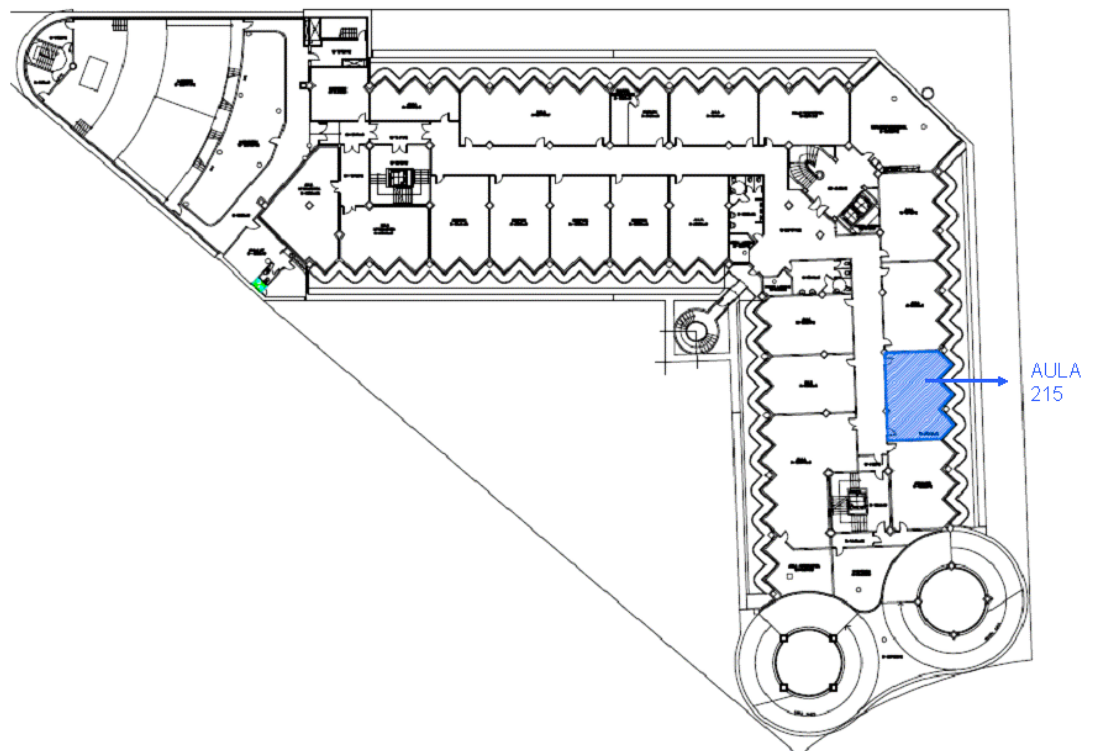


Figura 1. Localización espacios de estudio. Planta Sótano 2
Fuente: elaboración propia.

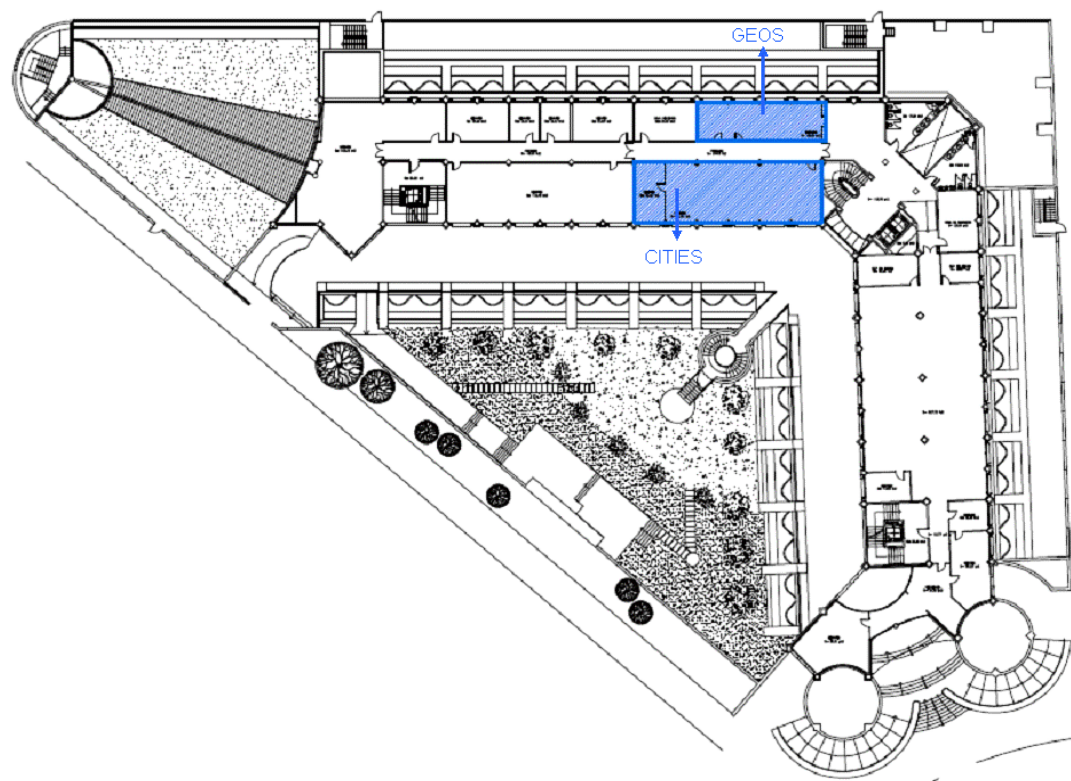


Figura 2 . Localización espacios de estudio. Planta nivel +1
Fuente: elaboración propia.

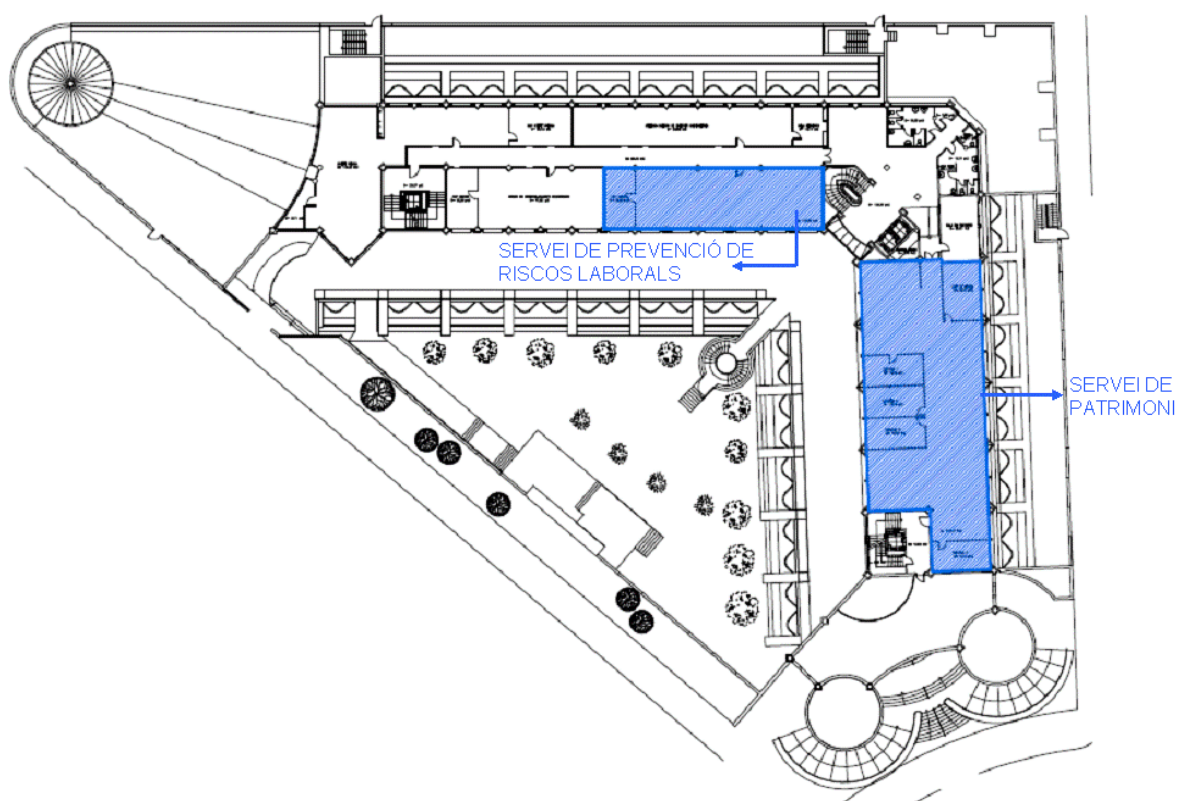


Figura 3. Localización espacios de estudio. Planta nivel +2
Fuente: elaboración propia.

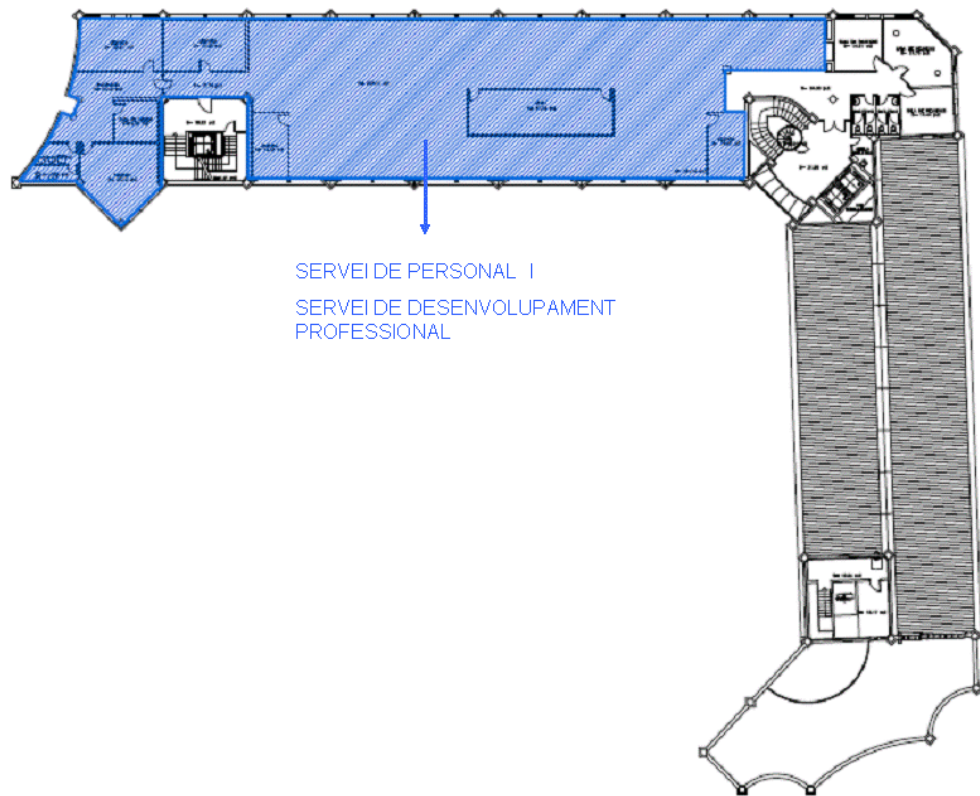


Figura 4. Localización espacios de estudio. Planta nivel +3
Fuente: elaboración propia.

1. Fase 1. Levantamiento de Datos

Esta primera fase tiene como objetivo recoger toda la información que nos permita entender como funciona el edificio, en que condición se encuentra y que consumos genera.

Encontramos dos clases de datos, los estáticos y los dinámicos, los cuales requieren un trabajo de campo diferente y por lo tanto formatos de datos diferentes.

1.1 Datos estáticos

Los datos estáticos son los datos que no presentan modificaciones a lo largo del tiempo debido a la influencia de la ocupación, del clima y/o otros factores.

1.1.1 Características arquitectónicas y constructivas

1.1.1.1 Arquitectura

El objetivo es identificar las características formales del edificio, como se relaciona el edificio con el entorno y cuales son sus usos y actividades principales.

El edificio Vértex fue construido en el año 1999 y esta ubicado en el Campus Nord de la UPC, en la plaza Eusebi Güell, de Barcelona.

La superficie total de la edificación es de 18.708 m². El edificio está compuesto por 9 plantas, de las cuales 3 son subterráneas y tienen fachadas a un patio que permite tener ventilación natural y un poco de Iluminación Natural.

El uso principal es de despachos administrativos, complementados con áreas de docencia, áreas de servicios, zonas comunes, bar y dos salones de actos.

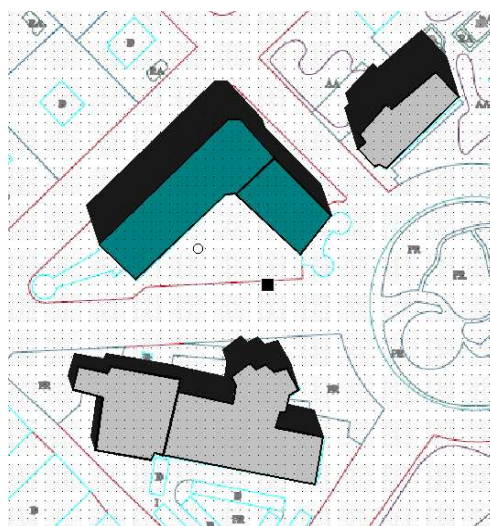


Figura 5. Localización edificio Vértex

Fuente: elaboración propia.

Debido a la forma del edificio (vertex como su nombre lo indica), los espacios, según su ubicación, presentan diversas condiciones climáticas.

-Información de referencia:
Planos Autocad (archivos wdg)
Fuente: Servei de Patrimoni

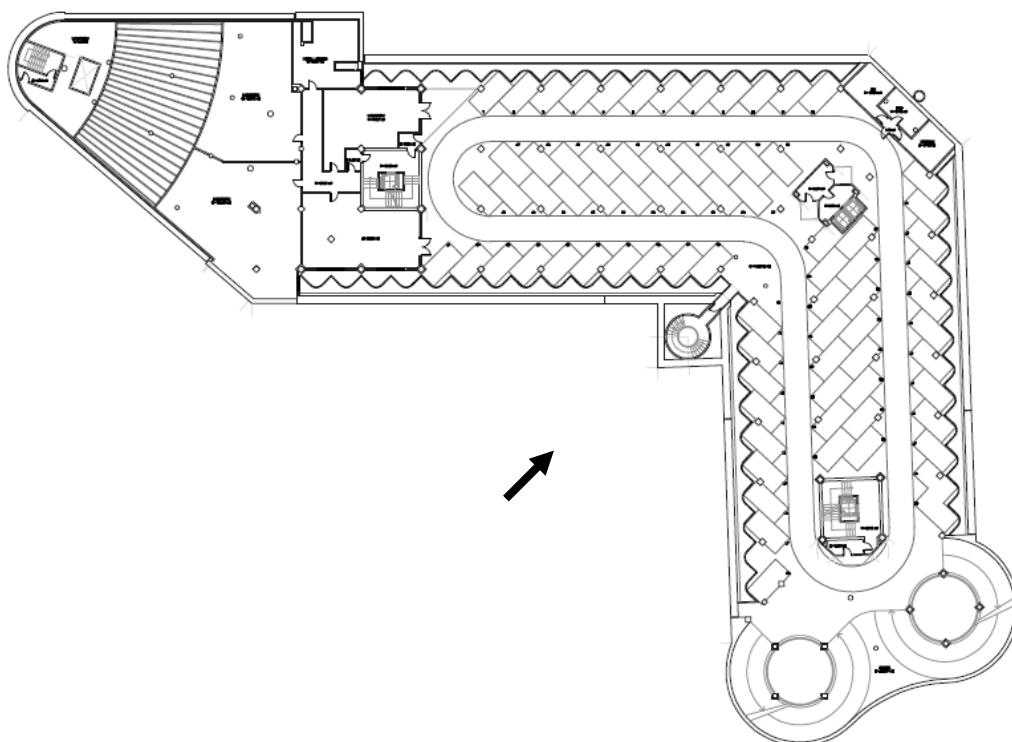


Figura 6. Planta arquitectónica Sótano -3
(Plantas -4 y -3: zona de parking, almacenamiento e instalaciones)
Fuente: Servei de Patrimoni

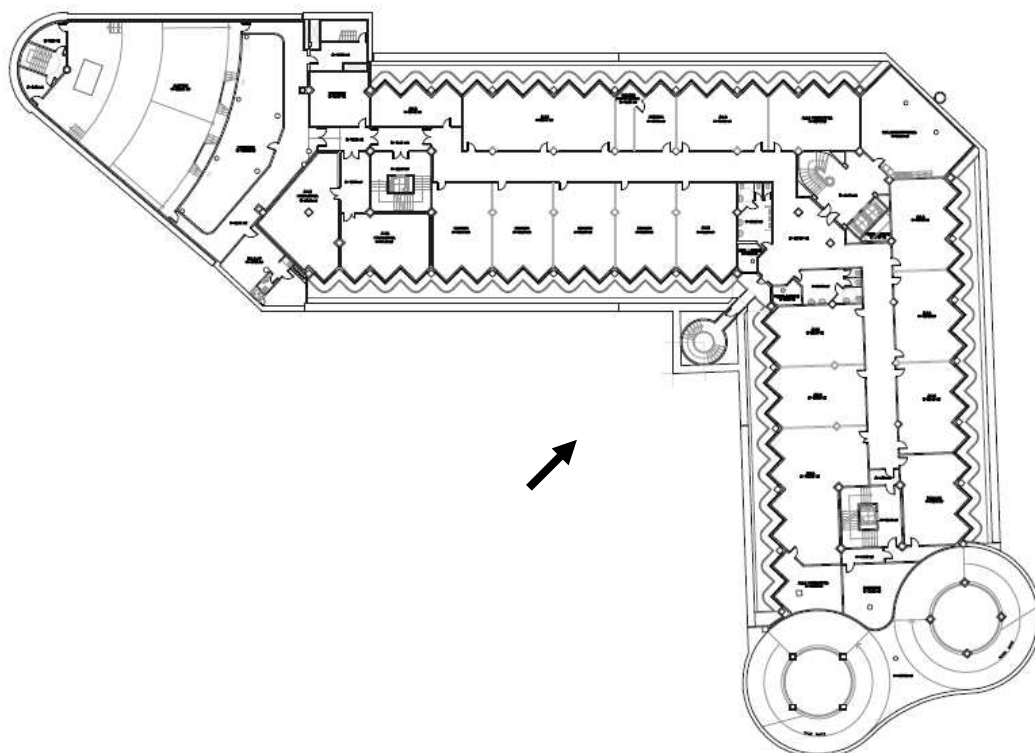


Figura 7. Planta arquitectónica Sótano -2
(Aulas, zonas comunes, despachos y Auditorio)
Fuente: Servei de Patrimoni

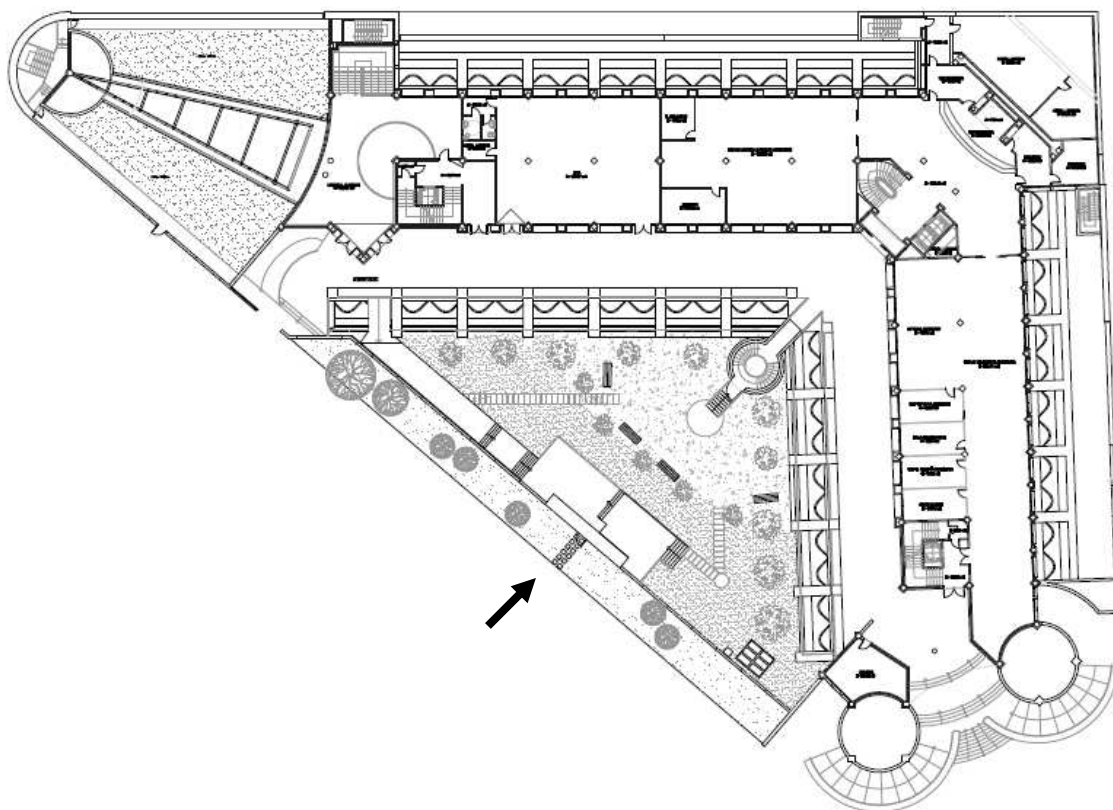


Figura 8. Planta arquitectónica Planta Baja
(Conserjería, bar, vestíbulo auditorio y despachos)
Fuente: Servei de Patrimoni

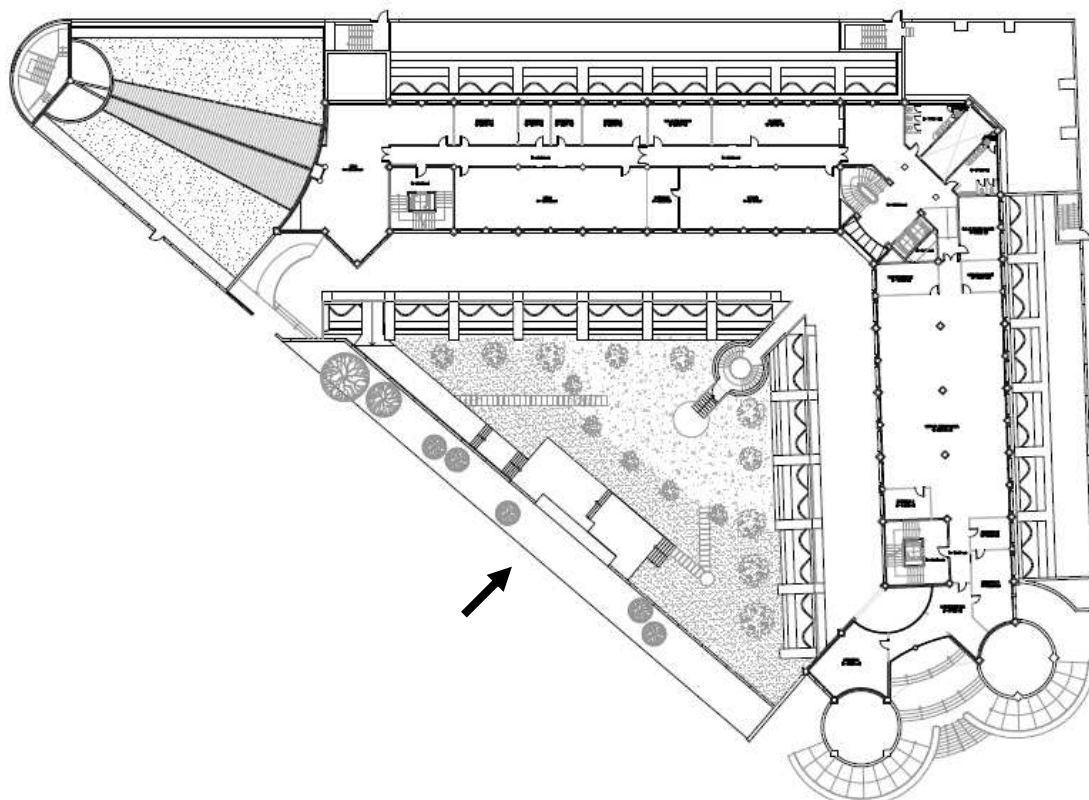


Figura 9. Planta arquitectónica Planta +1
(Plantas 1, 2 y 3: despachos, servicios y zonas comunes)
Fuente: Servei de Patrimoni

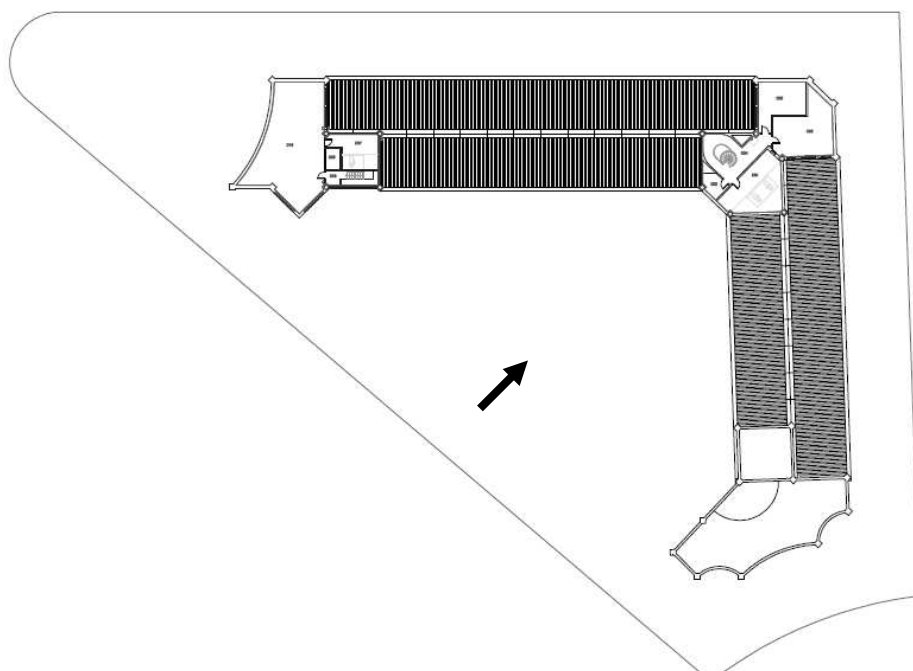


Figura 10. Planta arquitectónica Planta Cubiertas
Fuente: Servei de Patrimoni

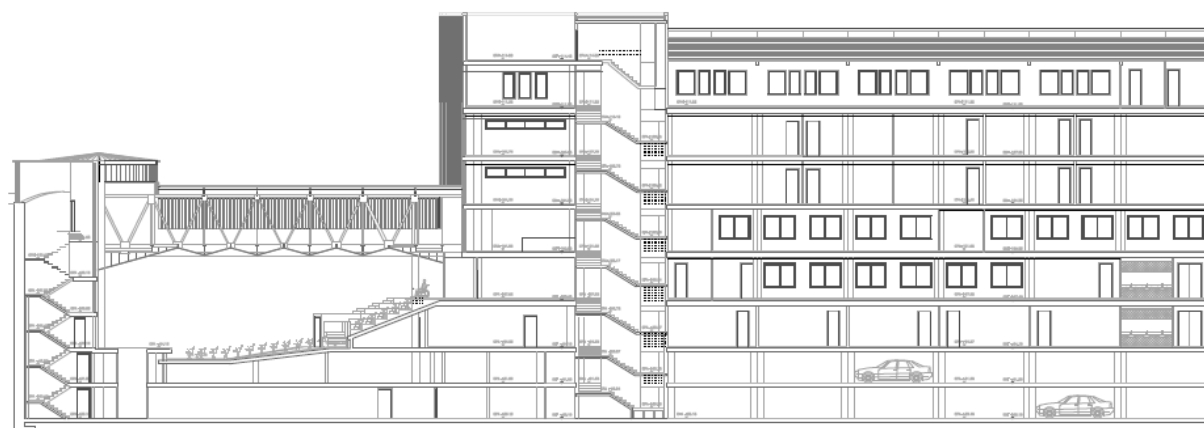


Figura 11. Sección Longitudinal
Fuente: Servei de Patrimoni

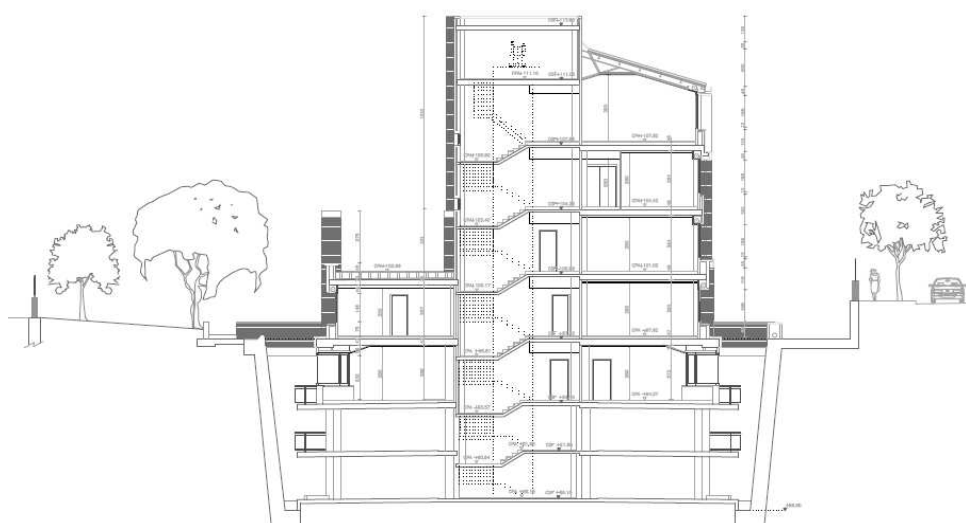


Figura 12. Sección Transversal
Fuente: Servei de Patrimoni

- Áreas y usos de todos los espacios (Archivo xls)

Fuente: Elaboración Propia

El Edificio Vértex fue diseñado inicialmente como sede de las clases de master de la Fundació UPC.

En el último año se ha transformado para alojar despachos administrativos, cambiando su perfil de uso de forma significativa, entre otras cosas por la disminución del porcentaje de aulas.

| USOS EDIFICIO | |
|---|------------------|
| USO | área |
| Aulas | 1.152,18 |
| Despachos | 4.412,98 |
| Zonas Comunes | 3.450,49 |
| Archivos y Almacenamiento | 1.017,64 |
| Mantenimiento e instalaciones | 805,98 |
| Salas de actos, juntas, conferencias... | 1.268,53 |
| Talleres | 86,92 |
| Concesionarios externos | 220,65 |
| Zona de parking dentro del edificio | 3.697,92 |
| TOTAL (m2) | 16.113,29 |

Tabla 1. Usos y actividades del edificio

Fuente: Elaboración propia

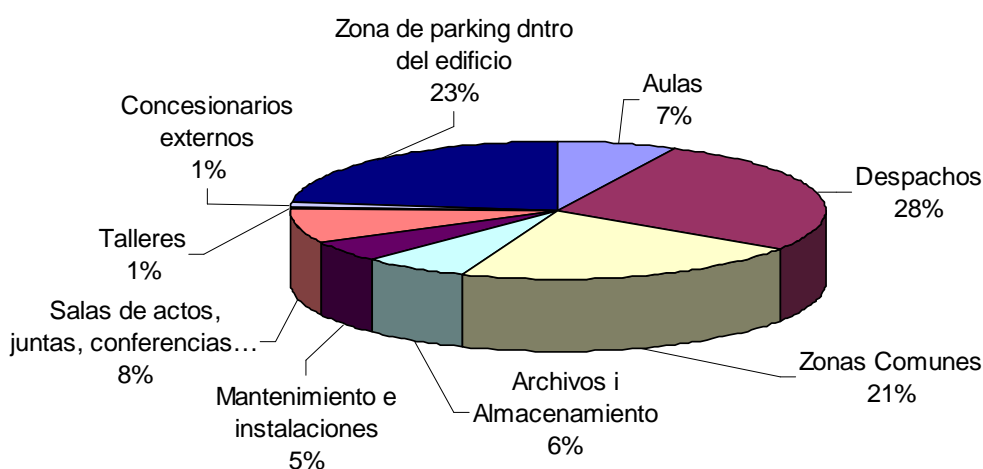


Figura 13. Usos y actividades del edificio

Fuente: Elaboración propia

Los usos principales del edificio, sin tener en cuenta las zonas de aparcamientos, son los despachos y las zonas comunes con 28 y 21% respectivamente.

Los usos restantes como archivos, talleres, salas de juntas, concesiones externas, que no tienen un porcentaje tan representativo, son espacios complementarios a los despachos.

Actualmente trabajan 456 personas en los despachos y 15 personas en los servicios complementarios como copistería, conserjería, etc.

La mayoría de los despachos tienen horarios de trabajo flexibles que varían en el transcurso de la semana.

1.1.1.2 Construcción

El objetivo fundamental es reconocer las características de los elementos que conforman la envolvente térmica del edificio, identificando los materiales y las diferentes soluciones constructivas que posee (cubiertas, muros, tabiques, etc.).

De esta manera, podremos determinar la interacción térmica entre el edificio y su entorno y la incidencia que estas características pueden tener en la demanda energética del edificio.¹

La estructura del edificio es de hormigón armado con acabado exterior de fábrica de ladrillo.

La envolvente de todas fachadas tiene una cámara de aire y aislamiento térmico. Al interior tienen como acabado una capa de revestimiento de yeso.

La cubierta es de teja cerámica, con aislamiento de lana mineral, una cámara de aire y como acabado interior pladur.

La proporción de llenos y vacíos de las fachadas es de 68% lleno, por lo tanto hay un 32% de aberturas. Esta relación se verá reflejada en el momento de calcular las pérdidas y ganancias por las fachadas.

Estas aberturas corresponden a carpinterías de doble vidrio con cámara de aire; los marcos son de aluminio sin rotura de puente térmico. Tienen como sistema de protección solar unas persianas ubicadas en la parte exterior de las ventanas y un screen en la parte interior de algunos espacios.

Contamos con dos fuentes de información: del Proyecto final de carrera y los datos propios

En febrero de 2004, Cristina Pérez Ribó, realizó como proyecto de final de carrera el Plan de Eficiencia en el Consumo de Recursos (PERC) para el edificio Vértex.

El proyecto tenía como finalidad diseñar un plan de eficiencia energética viable, basándose en la caracterización de la edificación, el seguimiento del consumo y el cálculo del balance térmico del edificio.

- Información de referencia:

Tabla de especificaciones de los materiales del edificio (Archivos xls)

Fuente: Proyecto Final de Carrera de Cristina Pérez Ribó

En este caso el nivel de aislamiento de los cerramientos se analiza en función de los valores del coeficiente de transmisión térmica K, expresado en W/m^2K .

En la siguiente tabla se presentan los valores obtenidos para los diferentes cerramientos del edificio:

¹ Avaluació energètica d'edificis, la experiència de la UPC, una metodologia d'anàlisi. Monte Bosch, Fabian López, Inmaculada Rodríguez, Galdric Ruiz. Edicions UPC. 2006.

| PS4 | SECTOR 1 | lambda | 1/he | 1/hi | e | R | SUMA R | K |
|----------|--------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------------|
| FAÇANA | MURS | | | | | | | |
| | aire exterior | | 0,060 | | | 0,060 | 2,463 | 0,406 |
| | fàbrica de maó calat | 0,760 | | | 0,125 | 0,164 | | |
| | càmera d'aire fins 50 mm | | | | 0,050 | 0,180 | | |
| | escuma de poliuretà tipus I 35 | 0,023 | | | 0,040 | 1,739 | | |
| | fàbrica de maó foradat | 0,490 | | | 0,070 | 0,143 | | |
| | lliscat de guix | 0,300 | | | 0,020 | 0,067 | | |
| | aire interior | | | 0,110 | | 0,110 | | |
| | VIDRES | | | | | | 0,323 | 3,100 |
| | aire exterior | | 0,060 | | | 0,060 | | |
| | vidre pla per envidrar | 0,950 | | | 0,006 | 0,006 | | |
| | càmera d'aire fins 10mm. | | | | 0,006 | 0,140 | | |
| | vidre pla per envidrar | 0,950 | | | 0,006 | 0,006 | | |
| | aire interior | | | 0,110 | | 0,110 | | |
| ENVANS | ENVANS INTERIORS | | | | | | 0,537 | 1,862 |
| | aire interior | | | 0,110 | | 0,110 | | |
| | lliscat de guix | 0,300 | | | 0,020 | 0,067 | | |
| | fàbrica de maó foradat | 0,490 | | | 0,090 | 0,184 | | |
| | lliscat de guix | 0,300 | | | 0,020 | 0,067 | | |
| | aire interior | | | 0,110 | | 0,110 | | |
| FORJATS | FORJAT PARKING | | | | | | 1,531 | 0,653 |
| | aire interior | | | 0,170 | | 0,170 | | |
| | paviment flotant | 1,047 | | | 0,040 | 0,038 | | |
| | càmera aire fins 150 mm. | | | | 0,120 | 0,210 | | |
| | fibra de vidre tipus I 10-18 | 0,044 | | | 0,040 | 0,909 | | |
| | llosa de formigó armat | 1,630 | | | 0,250 | 0,153 | | |
| | aire exterior | | 0,050 | | | 0,050 | | |
| | FORJATS INTERIORS | | | | | | 0,595 | 1,681 |
| | aire interior | | | 0,170 | | 0,170 | | |
| | paviment | 1,450 | | | 0,030 | 0,021 | | |
| | morter de ciment | 1,400 | | | 0,020 | 0,014 | | |
| | llosa de formigó armat | 1,630 | | | 0,250 | 0,153 | | |
| | lliscat de guix | 0,300 | | | 0,020 | 0,067 | | |
| | aire interior | | | 0,170 | | 0,170 | | |
| COBERTES | COBERTA INVERTIDA | | | | | | 2,085 | 0,480 |
| | aire exterior | | 0,050 | | | 0,050 | | |
| | terratzo | 1,744 | | | 0,020 | 0,011 | | |
| | morter de ciment | 1,400 | | | 0,020 | 0,014 | | |
| | llana mineral tipus I 30-50 | 0,042 | | | 0,060 | 1,429 | | |
| | làminas bituminosas | 0,190 | | | 0,005 | 0,026 | | |
| | formigó granulat | 0,670 | | | 0,150 | 0,224 | | |
| | càmera d'aire de més 150 mm. | | | | 0,300 | 0,160 | | |
| | pladur | 0,186 | | | 0,015 | 0,081 | | |
| | aire interior | | | 0,090 | | 0,090 | | |
| | COBERTA | | | | | | 2,352 | 0,425 |
| | aire exterior | | 0,050 | | | 0,050 | | |
| | teula ceràmica | 0,814 | | | 0,040 | 0,049 | | |
| | plafó de fibrociment | 0,081 | | | 0,040 | 0,494 | | |
| | llana mineral tipus I 30-50 | 0,042 | | | 0,060 | 1,429 | | |
| | càmera aire de més de 150 mm. | | | | 0,300 | 0,160 | | |
| | pladur | 0,186 | | | 0,015 | 0,081 | | |
| | aire interior | | | 0,090 | | 0,090 | | |
| MUR | MUR PANTALLA | | | | | | 1,05 | 0,95 |
| | mur de formigó de 60 cms | 1,400 | | | 0,600 | 0,429 | | |
| | càmera d'aire fins 50 mm | | | | 0,050 | 0,180 | | |
| | fàbrica de maó | 0,490 | | | 0,140 | 0,286 | | |
| | lliscat de guix | 0,300 | | | 0,020 | 0,067 | | |
| | aire interior | | | 0,090 | | 0,090 | | |

Tabla 2. Especificaciones de los materiales del edificio planta Sótano 4

Fuente: Proyecto Final de Carrera de Cristina Pérez Ribó

- Información de referencia:

Especificaciones de los materiales del edificio

Fuente: datos propios

Teniendo en cuenta la información de referencia presentada anteriormente, se obtuvieron datos propios, producto del trabajo de simulación de la demanda energética con LIDER (programa informático asociado al cumplimiento del CTE).

En este caso la valoración del aislamiento de los cerramientos se hace respecto al coeficiente de transmitancia térmica U, expresado en W/m²°K

A continuació se resumen los principales cerramientos:

MUROS FACHADA

$$U = 0,55 \text{ W/m}^2\text{°K}$$

| MATERIAL | ESPEJOR (m) |
|--------------------------------|-------------|
| fàbrica de maó calat | 0,125 |
| càmera d'aire fins 50 mm | 0,050 |
| escuma de poliuretà tipus I 35 | 0,040 |
| fàbrica de maó foradat | 0,070 |
| lliscat de guix | 0,020 |

Tabla 3. Especificaciones muros fachada

Fuente: Elaboración propia

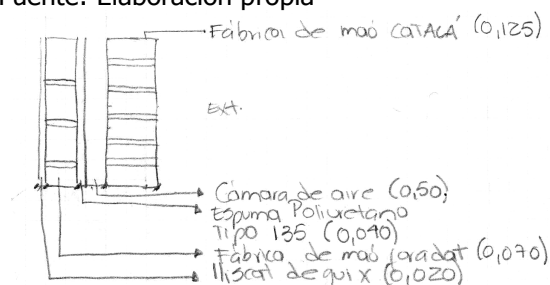


Figura 14. Especificaciones muros fachada

Fuente: Elaboración propia

MUROS DIVISORIOS

$$U = 2,26 \text{ W/m}^2\text{°K}$$

| MATERIAL | ESPEJOR (m) |
|------------------------|-------------|
| lliscat de guix | 0,020 |
| fàbrica de maó foradat | 0,090 |
| lliscat de guix | 0,020 |

Tabla 4. Especificaciones muros divisorios

Fuente: Elaboración propia

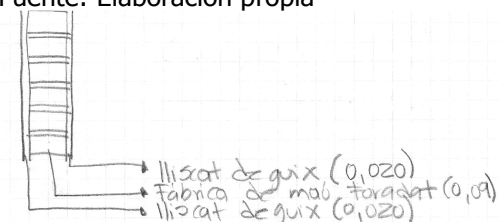


Figura 15. Especificaciones muros divisorios

Fuente: Elaboración propia

MUROS PANTALLA

$$U = 1,12 \text{ W/m}^2\text{°K}$$

| MATERIAL | ESPEJOR (m) |
|--------------------------|-------------|
| mur de formigó de 60 cms | 0,600 |
| càmera d'aire fins 50 mm | 0,050 |
| fàbrica de maó | 0,140 |
| lliscat de guix | 0,020 |

Tabla 5. Especificaciones muros pantalla

Fuente: Elaboración propia

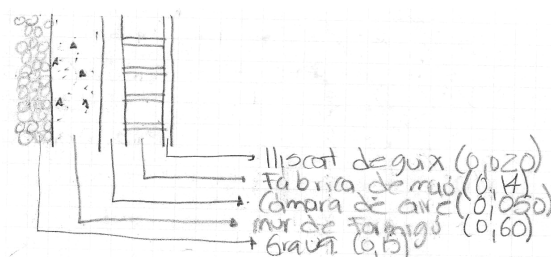


Figura 16. Especificaciones muros pantalla

Fuente: Elaboración propia

CUBIERTA INVERTIDA $U = 0,48 \text{ W/m}^2\text{°K}$

| MATERIAL | ESPEJOR (m) |
|------------------------------|-------------|
| terratzo | 0,020 |
| morter de ciment | 0,020 |
| llana mineral tipus I 30-50 | 0,060 |
| llàminas bituminosas | 0,005 |
| formigó granulat | 0,150 |
| càmera d'aire de més 150 mm. | 0,300 |
| pladur | 0,015 |

Tabla 6. Especificaciones cubierta invertida

Fuente: Elaboración propia

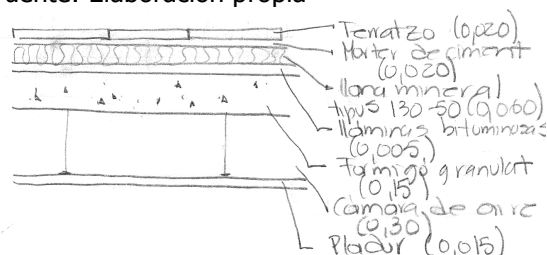


Figura 17. Especificaciones cubierta invertida

Fuente: Elaboración propia

CUBIERTA $U = 0,50 \text{ W/m}^2\text{°K}$

| MATERIAL | ESPEJOR (m) |
|-------------------------------|-------------|
| teula ceràmica | 0,040 |
| plafó de fibrociment | 0,040 |
| llana mineral tipus I 30-50 | 0,060 |
| càmera aire de més de 150 mm. | 0,300 |
| pladur | 0,015 |

Tabla 7. Especificaciones cubierta

Fuente: Elaboración propia

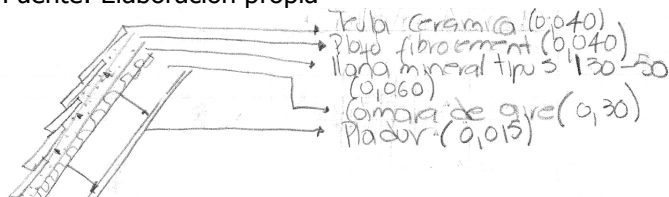


Figura 18. Especificaciones cubierta

Fuente: Elaboración propia

FORJADO INTERIOR

$$U = 1,33 \text{ W/m}^2\text{°K}$$

| MATERIAL | ESPEJOR (m) |
|------------------------|-------------|
| paviment | 0,030 |
| morter de ciment | 0,020 |
| llosa de formigó armat | 0,250 |
| lliscat de guix | 0,020 |

Tabla 8. Especificaciones forjado interior
Fuente: Elaboración propia

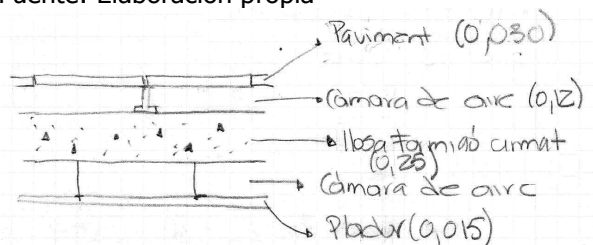


Figura 19. Especificaciones forjado interior
Fuente: Elaboración propia

FORJADO PARKING

$$U = 0,68 \text{ W/m}^2\text{°K}$$

| MATERIAL | ESPEJOR (m) |
|------------------------------|-------------|
| paviment flotant | 0,040 |
| càmera aire fins 150 mm. | 0,120 |
| fibra de vidre tipus I 10-18 | 0,040 |
| llosa de formigó armat | 0,250 |

Tabla 9. Especificaciones forjado parking
Fuente: Elaboración propia

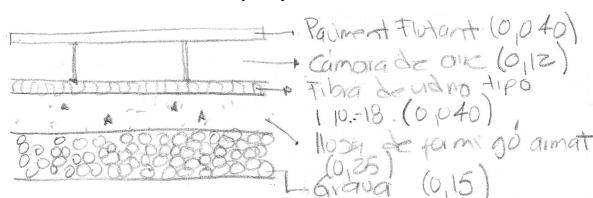


Figura 20. Especificaciones forjado parking
Fuente: Elaboración propia

VENTANAS

$$U = 4,4 \text{ W/m}^2\text{°K}$$

| MATERIAL | ESPEJOR (m) |
|--------------------------|-------------|
| vidre pla per envidrar | 0,006 |
| càmera d'aire fins 10mm. | 0,006 |
| vidre pla per envidrar | 0,006 |

Tabla 10. Especificaciones ventanas
Fuente: Elaboración propia

CLARABOYAS

$$U = 4,14 \text{ W/m}^2\text{°K}$$

PUERTAS

$$U = 5,65 \text{ W/m}^2\text{°K}$$

En el apartado 2.1.1 Análisis de la calidad de la envolvente, se analiza de forma comparativa los datos de transmitancia térmica obtenidos respecto a los requerimientos del CTE para la zona climática correspondiente.

- Información de referencia:

Secciones tipo fachada (archivos wdg)

Fuente: Proyecto Final de Carrera de Cristina Pérez Ribó

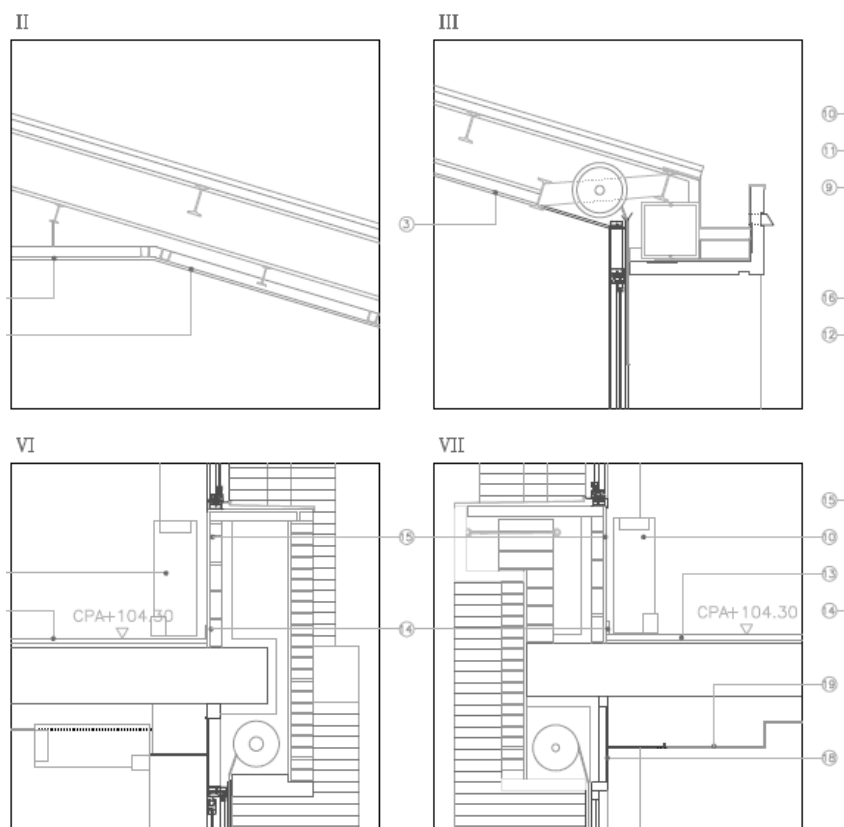


Figura 21. Secciones tipo fachada

1.1.2 Características de las Instalaciones del edificio

El objetivo es identificar los sistemas y aparatos de climatización: refrigeración y calefacción y los sistemas de iluminación.

1.1.2.1 Sistemas de Climatización:

El sistema de climatización del Vértex en cuanto a generación esta compuesto por 4 plantas enfriadoras (potencia: 276 kW) y dos calderas (potencia: 460 kW).

Estos 6 equipos se alimentan de gas natural y son los encargados de producir agua caliente y agua fría para cubrir las necesidades térmicas del edificio. Utilizan electricidad para los equipos climatizadores y bombas de impulsión.

La producción depende de la demanda, por lo cual los equipos están preparados para funcionar en cualquier época del año.

Existe una consigna de temperatura exterior la cual controla la puesta en marcha de la producción de frío o de calor: por debajo de 10°C no permite la producción de frío y por encima de 30°C no permite la producción de calor

Las calderas están ubicadas en la unión de las dos alas del edificio y las plantas enfriadoras dos en cada extremo del edificio. El agua fría se produce en los extremos, va al centro a las bombas de impulsión de frío y de ahí se distribuye a los climatizadores instalados en cada piso.

El agua caliente se produce en la unión de las dos alas del edificio y va a las bombas de impulsión del agua caliente para ser distribuida en cada piso.

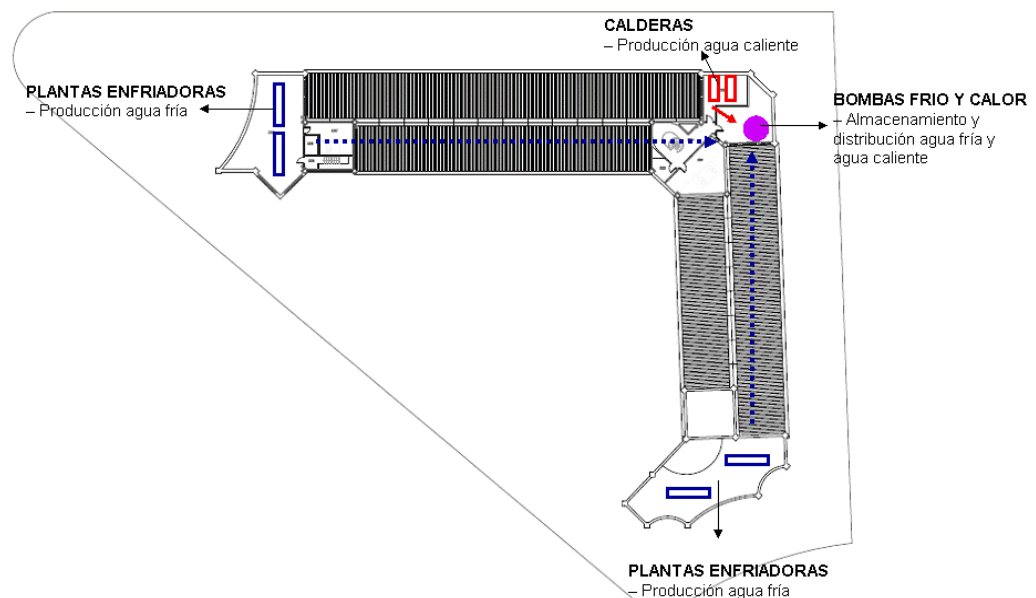


Figura 22. Localización sistemas de climatización
Fuente: Elaboración propia

Los climatizadores se encuentran en el techo de los lavabos de cada piso, y cada uno distribuye a los ramales de fancoils del ala del edificio que le corresponde. Los fancoils están situados en el suelo junto a las fachadas y son controlados manualmente por el usuario.

Existen demandas simultaneas de frío y calor durante algunos meses del año (en primavera y otoño), debido a las diferentes orientaciones de los espacios, usos y ocupación, por lo cual el sistema de distribución, Fancoils, es de cuatro tubos. El sistema de climatización cuenta con 9 tipos diferentes de fancoils, los cuales se adaptan a los diferentes perfiles de uso de los espacios.

En el falso techo de los espacios están localizadas unas rejillas que tienen como objetivo renovar el aire al interior mediante freecooling.

El funcionamiento del sistema de climatización es monitorizado y controlado automáticamente por el programa de gestión SAUTER, también tiene la opción de motorizarlo manualmente. Actualmente, para la monitorización, el edificio esta zonificado por plantas y alas, es decir cada ala del edificio funciona independientemente.

Existen zonas en las que la temperatura la puede determinar el usuario, (espacios diseñados originalmente como despachos) y zonas en las que la consigna de temperatura solo se puede modificar desde el programa de gestión SAUTER, (espacios diseñados originalmente como aulas).

El horario de funcionamiento actual de los sistemas de climatización es de lunes a viernes de las 7 a las 20h y es controlado automáticamente por el programa de gestión SAUTER.

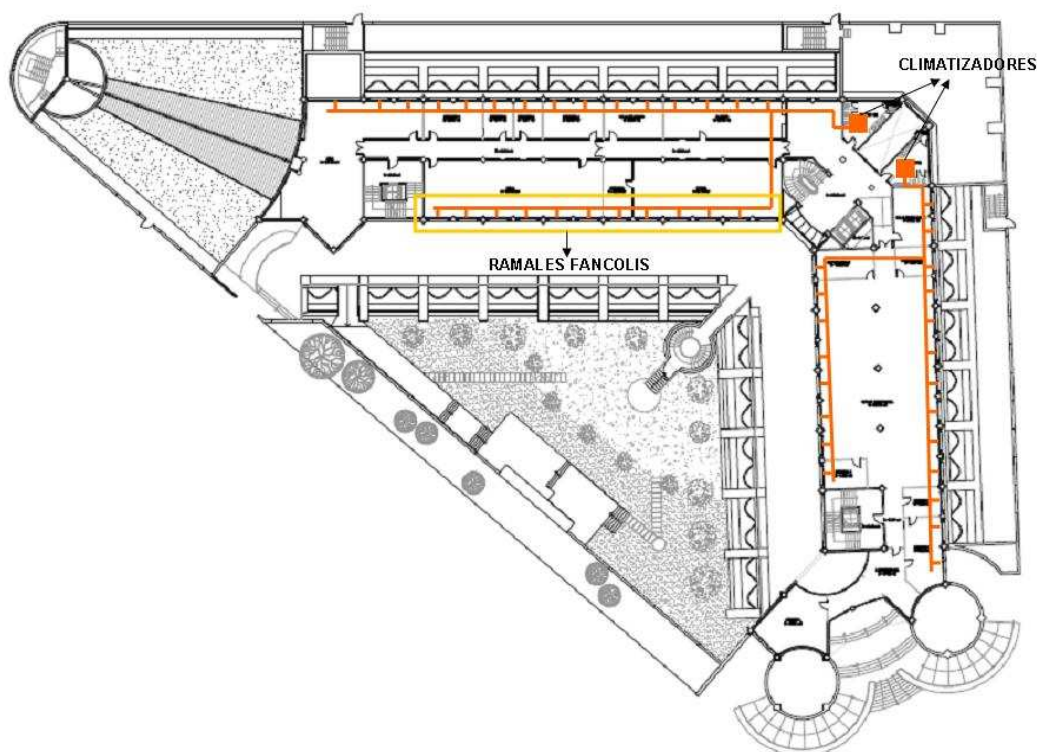


Figura 23. Ramales fancoils Planta 1
Fuente: Elaboración propia

El bar, el Auditorio y el Aula Master, espacios con alta ocupación, cuentan con un sistema de climatización independiente. Cada uno cuenta con un climatizador que cubre su demanda de climatización.

En el caso de las salas de actos, el sistema de climatización se programa según las horas de ocupación.

- Información de referencia:
Sistema de climatización con especificaciones (archivo wdg)
Fuente: Servei de Patrimoni UPC

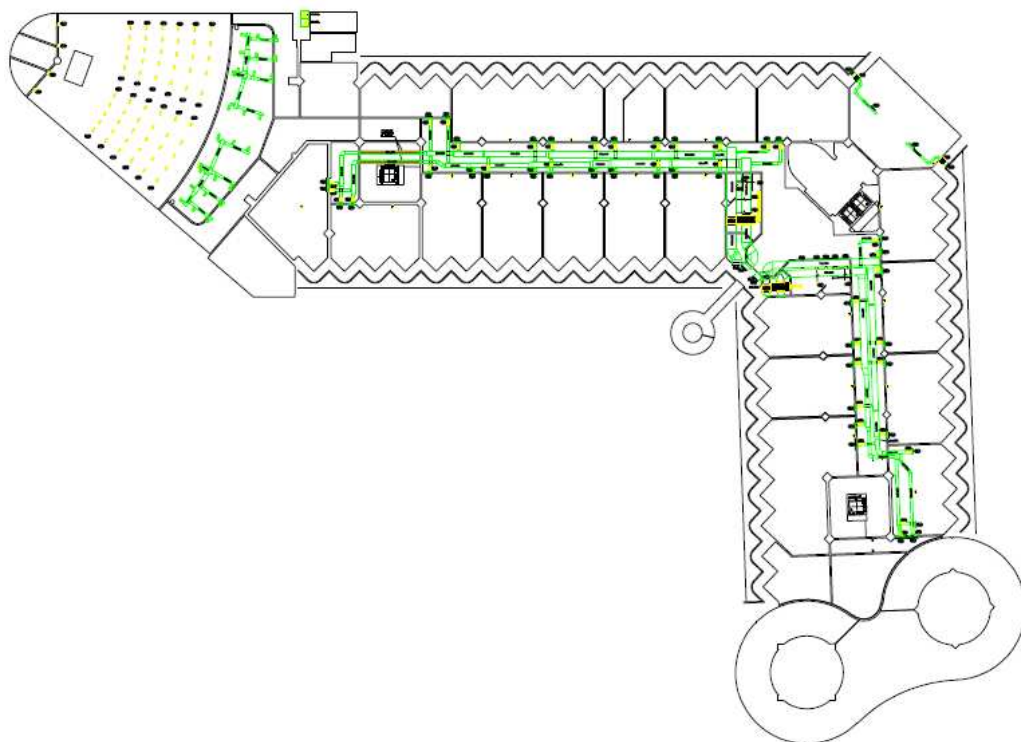


Figura 24. Sistema de renovación de aire
Sistema climatización (impulsión y retorno) planta sótano 2
Fuente: Servei de Patrimoni

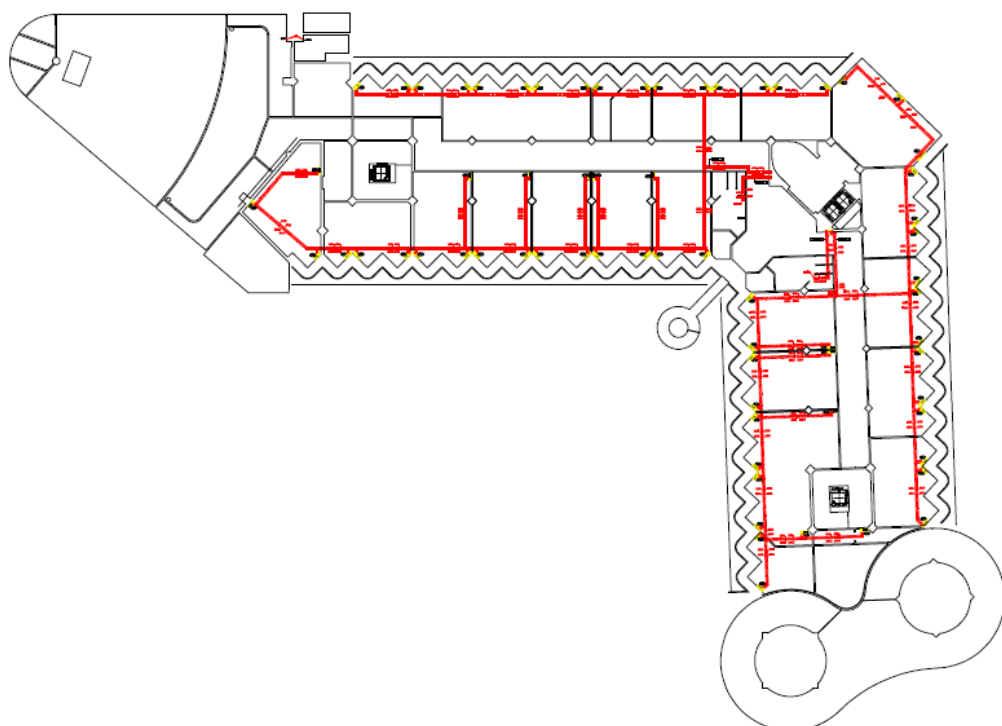


Figura 25. Distribución de los ramales de los Fancoils
Sistema climatización planta sótano 2
Fuente: Servei de Patrimoni

- Información de referencia:

Fichas técnicas de los equipos de climatización del edificio (Archivo xls)

Fuente: Proyecto Final de Carrera de Cristina Pérez Ribó

| Fitxa Tècnica Climatitzadors | | | | | | | | | |
|------------------------------|--------------------------|--------------------------|------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Referència | CL01 | CL02 | CL03 | CL04 | CL05 | CL06 | CL07 | CL08 | CL09 |
| Zona | P03 | P03 | PCO | P02 | P02 | P01 | P01 | P00 | P00 |
| Marca/Model | Wespak-McQuay 1.39HP5 | Wespak-McQuay 1.39HP5 | | Wespak-McQuay 3.99HP5+EL | Wespak-McQuay 1.39HP5 | Wespak-McQuay 3.99HP5+EL | Wespak-McQuay 1.39HP5 | Wespak-McQuay 1.39HP5 | Wespak-McQuay 1.39HP5 |
| Potència Frigorífica W | 3.334 | 3.339 | | 60.740 | 3.663 | 60.740 | 4.351 | 3.396 | 4.395 |
| Potència Calorífica W | 5.515 | 5.523 | | 24.069 | 6.058 | 24.069 | 7.196 | 5.617 | 7.269 |
| Ventilador Associat | VE01 | VE02 | VE03 | VE04 | VE03 | VE06 | VE07 | VE08 | VE09 |
| Potència Ventilador Kw | 0,54 | 0,54 | 0,54 | 1,35 | 0,54 | 1,35 | 0,54 | 0,54 | 0,54 |
| Cabal (l/s) | 210 | 211 | | 1.224 | 231 | 1.224 | 274 | 214 | 277 |

Tabla 11. Ficha técnica Climatizadores

Fuente: Proyecto Final de Carrera de Cristina Pérez Ribó

| Fitxa Tècnica Climatitzadors | | | | | | | | | |
|------------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------|------|---------------|----------------|---------|------------|
| Referència | CL10 | CL11 | CL12 | CL13 | CL14 | CL15 | CL16 | CL17 | CL18 |
| Zona | PS1 | PS1 | Aula Master | PS2 | PS2 | Cafeteria | Auditori | Foyer | Vestridors |
| Marca/Model | Wespak-McQuay 2.69HP5 | Wespak-McQuay 2.69HP5 | Koolair AT 18-18 | Wespak-McQuay 3.99HP5+EL | | Wespak-McQuay | Koolair DN-560 | Koolair | Koolair |
| Potència Frigorífica W | 6.593 | 5.660 | 60.692 | 82.641 | | 36.657 | 132.275 | 46.756 | 9.440 |
| Potència Calorífica W | 10.904 | 9.362 | 22.477 | 32.748 | | 18.103 | 49.371 | 13.982 | 9.440 |
| Ventilador Associat | VE10 | VE11 | | VE12 | VE13 | VE15 | | | |
| Potència Ventilador Kw | 0,54 | 0,54 | | 1,35 | | 1,35 | | | |
| Cabal (l/s) | 416 | 357 | 2.444 | 1.665 | | | 5.761 | 1.831 | |

Tabla 12. Ficha técnica Climatizadores

Fuente: Proyecto Final de Carrera de Cristina Pérez Ribó

| Fitxa Tècnica Fan Coils | | | | | | | | | |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Definició de l' Equip | | | | | | | | | |
| Referència | FC.02 | FC.03 | FC.04 | FC.05 | FC.06 | FC.07 | FC.08 | FC.09 | FC.10 |
| Execució | V | V | V | V | V | V | V | H | H |
| Envoltant | SI | SI | SI | SI | SI | SI | SI | NO | NO |
| Subjecció | TERRA | TERRA | TERRA | TERRA | TERRA | TERRA | TERRA | SOSTRE | SOSTRE |
| Sistema | 4T | 4T | 4T | 4T | 4T | 4T | 4T | 4T | 4T |
| Marca | RHOSS | RHOSS | RHOSS | RHOSS | RHOSS | RHOSS | RHOSS | RHOSS | RHOSS |
| Model | BRIO 25 | BRIO 30 | BRIO 35 | BRIO 40 | BRIO 45 | BRIO 60 | BRIO 80 | RH1 O/E | RH4 O/E |
| Prestacions de Fred | | | | | | | | | |
| Condicions selecció | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Potència Sensible (W) | 1.017 | 1.285 | 1.478 | 1.870 | 2.040 | 2.885 | 3.986 | 702 | 2.493 |
| Potència Total (W) | 1.058 | 1.344 | 1.537 | 1.938 | 2.108 | 2.994 | 4.159 | 810 | 3.033 |
| Cabal Màxim (l/s) | 0,051 | 0,064 | 0,073 | 0,093 | 0,101 | 0,143 | 0,199 | 0,039 | 0,145 |
| DN | DN15 | DN15 | DN15 | DN15 | DN15 | DN20 | DN20 | DN15 | DN20 |
| Δ P (kPa) | 8,0 | 7,0 | 5,0 | 1,0 | 4,0 | 5,0 | 7,0 | 1,2 | 1,2 |
| Prestacions de Calor | | | | | | | | | |
| Potència (W) | 1.336 | 2.208 | 2.208 | 2.990 | 2.990 | 3.821 | 5.562 | 1.062 | 3.033 |
| Cabal Màxim (l/s) | 0,032 | 0,053 | 0,053 | 0,071 | 0,071 | 0,091 | 0,133 | 0,025 | 0,072 |
| DN | DN15 | DN15 | DN15 | DN15 | DN15 | DN15 | DN15 | DN15 | DN15 |
| Δ P (kPa) | 1,0 | 3,0 | 3,0 | 1,0 | 1,0 | 2,0 | 5,0 | 1,2 | 1,2 |

Tabla 13. Ficha técnica Fancoils

Fuente: Proyecto Final de Carrera de Cristina Pérez Ribó

- Información de referencia:

Especificaciones de las máquinas de climatización

Fuente: Entrevistas y visitas al edificio Vértex con los responsables de la gestión y mantenimiento del edificio (Alberto Lapuente y Juan de Dios Román, Coordinación, Campus Nord)

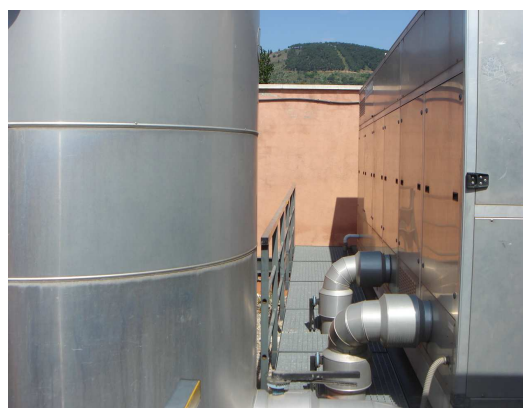
| Marca | Modelo | Nº serie | Estado | Ubicación | Zona | Edificio |
|-------|----------------------|-----------------|--------|-----------|------------------|----------|
| Wilo | IPL 80/115-2,2/2 | 122033792/0804 | ok | 3ª Planta | Sala Maquinas | Vertex |
| Wilo | PSC90/2,2 | 04-41303 | ok | 3ª Planta | Sala Maquinas | Vertex |
| Wilo | IPL 80/115-2,2/2 | 122033792/0804 | ok | 3ª Planta | Sala Maquinas | Vertex |
| Wilo | IPL 80/115-2,2/2 | 122033792/98/05 | ok | 2ª Planta | Sala Maquinas | Vertex |
| Wilo | IPL 80/115-2,2/2 | 122033792/98/05 | ok | 2ª Planta | Sala Maquinas | Vertex |
| Wilo | IPL 80/115-2,2/2 | 122033792/98/05 | ok | 2ª Planta | Sala Maquinas | Vertex |
| Wilo | TOP-S65/13 | 2039674/0401 | ok | 3ª Planta | Cuarto de bombas | Vertex |
| Wilo | TOP-S65/13 | 112073494/9806 | ok | 3ª Planta | Cuarto de bombas | Vertex |
| Wilo | TOP-S65/13 | 112073494/9806 | ok | 3ª Planta | Cuarto de bombas | Vertex |
| Wilo | IPN 80/224-4,4 | 120912390/98/06 | ok | 3ª Planta | Cuarto de bombas | Vertex |
| Wilo | IPN 80/224-4,4 | 120912390/98/06 | ok | 3ª Planta | Cuarto de bombas | Vertex |
| Wilo | IPN 150/250-11/4G120 | 120913899/98/06 | ok | 3ª Planta | Cuarto de bombas | Vertex |
| Wilo | IPN 150/250-11/4G120 | 120913899/98/06 | ok | 3ª Planta | Cuarto de bombas | Vertex |

| Equipo | Marca | Modelo | Nº serie | Estado | Ubicación |
|-------------------|-------------|--------|-----------------|--------|---------------|
| Caldera | Viessman | TN046 | 73240747001221 | OK | Sala calderas |
| Caldera | Viessman | TN046 | 7324074800317 | OK | Sala calderas |
| Planta enfriadora | Climaveneta | GCH90 | A69.58.84.090/C | OK | Cubierta |
| Planta enfriadora | Climaveneta | GCH90 | A69.58.84.090/A | OK | Cubierta |
| Planta enfriadora | Climaveneta | GCH90 | A69.58.84.090/A | OK | Cubierta |
| Planta enfriadora | Climaveneta | GCH90 | A69.58.84.090/B | OK | Cubierta |

Tabla 14. Especificaciones de las máquinas de climatización



Fotografía 1. Caldera Viessman



Fotografía 2. Planta enfriadora Climaveneta



Fotografía 3. Climatizador



Fotografía 4. Bombas de impulsión de frío y calor

1.1.2.2 Sistemas de Iluminación:

Los niveles de iluminación son un factor importante en el confort de los espacios, especialmente en este caso al tratarse de despachos y en el consumo energético del edificio.

En los diferentes espacios del edificio se utilizan luminarias de tipo fluorescente, la mayoría de tubos de 36 y 58W con reactancia electrónica.

En las áreas de circulación y servicios se utilizan lámparas circulares para empotrar en el falso techo, estas también utilizan luz fluorescente de bajo consumo.

En algunos espacios, las luminarias están distribuidas de tal manera que se puede zonificar su funcionamiento, es decir los espacios se iluminan por sectores, según la ocupación.

Los sistemas de iluminación de los espacios que fueron diseñados originalmente como aulas, algunas áreas de servicios y zonas comunes también está controlado por el programa de gestión SAUTER.

- Información de referencia:

Sistema de iluminación con especificaciones (archivo wdg)

Fuente: Proyecto Final de Carrera de Cristina Pérez Ribó

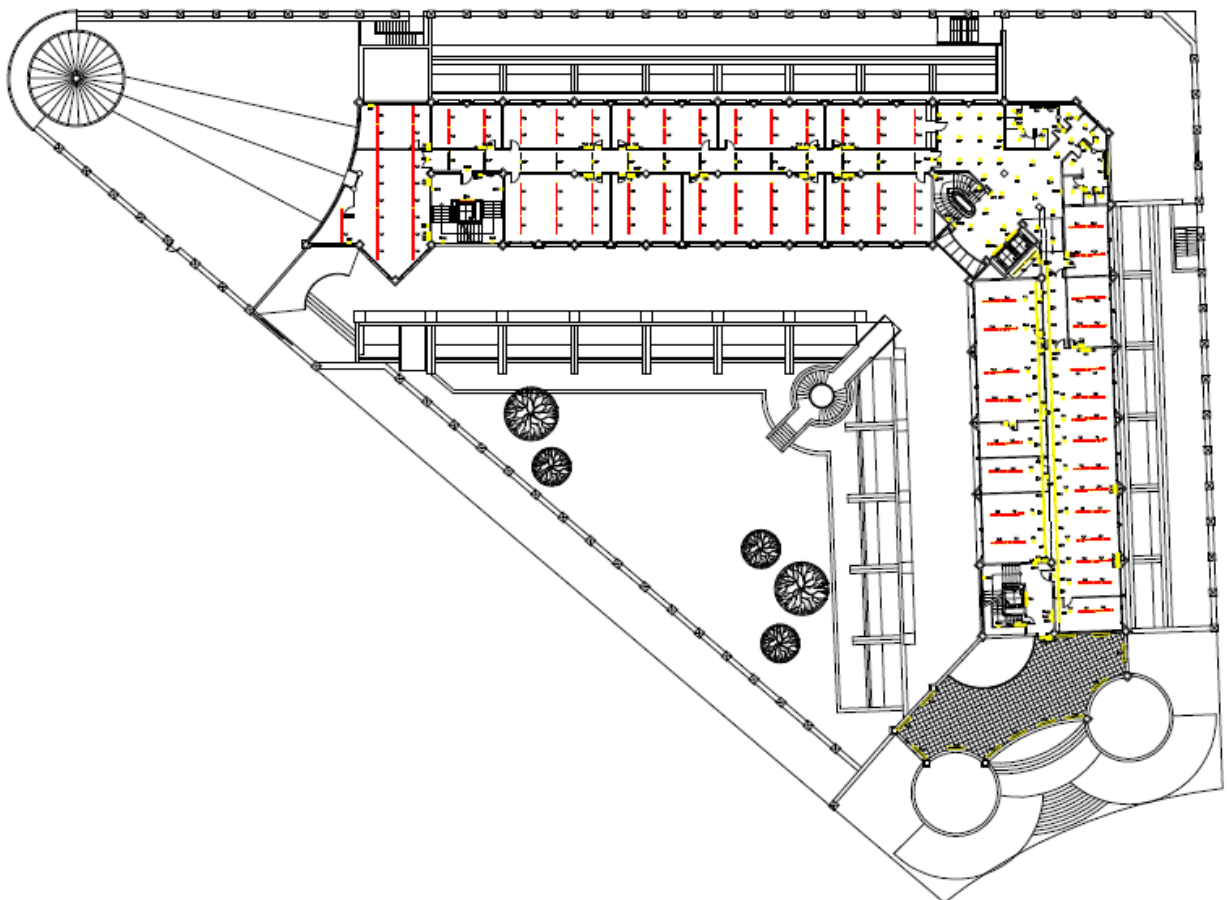


Figura 26. Distribución luminarias planta 2
Fuente: Proyecto Final de Carrera de Cristina Pérez Ribó

- Información de referencia:

Cuadro de luminarias del edificio (archivo xls)

Fuente: Proyecto Final de Carrera de Cristina Pérez Ribó

| INCANDESCENTS | | | |
|--------------------------|--------------|-----------|--------------------|
| Tipus | Potència (W) | Quantitat | Potència Total (W) |
| Incandescent (1 x 1,2 W) | 1,2 | 50 | 60 |
| TOTAL INCANDESCENCIA | | 50 | 60 |
| FLUORESCENTS | | | |
| Fluorescent (1 x 58 W) | 58 | 1.394 | 80.852 |
| Fluorescent (1 x 36 W) | 36 | 29 | 1.044 |
| Fluorescent (2 x 36 W) | 72 | 201 | 14.472 |
| Fluorescent (2 x 26 W) | 52 | 182 | 9.464 |
| Fluorescent (1 x 13 W) | 13 | 142 | 1.846 |
| Fluorescent (2 x 13 W) | 26 | 71 | 1.846 |
| Fluorescent (1 x 18 W) | 18 | 113 | 2.034 |
| Fluorescent (1 x 8 W) | 8 | 372 | 2.976 |
| TOTAL FLUORESCENTS | | 2.504 | 114.534 |
| HALÒGENES | | | |
| Halogen (QT 32/250 W) | 250 | 44 | 11.000 |
| TOTAL HALÒGENES | | 44 | 11.000 |

Tabla 15. Especificación de luminarias del edificio
Fuente: Proyecto Final de Carrera de Cristina Pérez Ribó

- Información de referencia:

Parámetros de iluminación de los lugares de trabajo en interior.

Fuente: Norma UNE-EN 12464-1

| Lugar o Actividad | EM (lux) |
|-----------------------------------|-----------------|
| Oficinas | 500 |
| Salas de conferencias y reuniones | 500 |
| Aulas | 300 |
| Aulas de informática | 300 |
| Áreas de Circulación | 300 |

Tabla 16. Parámetros de iluminación.
Fuente: Elaboración propia

En el apartado 2.2.1 Análisis de la demanda lumínica, se comparan los parámetros de iluminación obtenidos con los parámetros exigidos por la norma UNE-EN 12464-1.

1.1.2.3 Otros sistemas y equipos

Debido al uso del edificio, despachos administrativos, además de los equipos de climatización se utilizan otros equipos como ordenadores, impresoras, fax, que son usados a lo largo de todo el día y por lo tanto representan un alto consumo energético.

Los espacios con mayor consumo son los despachos y las aulas informáticas, debido a que tienen un ordenador por persona, de uso constante.

Las Aulas teóricas y Salas de Actos tienen menor número de equipos, un ordenador, un proyector y el sistema de sonido. Estos no representan un consumo tan considerable debido a que su uso es puntual.

En la copistería localizada en la planta -1, se utilizan fotocopiadoras que podrían tener un alto consumo en función de las horas de uso y el volumen de servicios que atienden.

En las zonas comunes de cada piso encontramos máquinas de Vending, que también están en constante funcionamiento y pueden representar un alto consumo energético en el edificio.

1.1.3 Perfil de uso del edificio

El objetivo es identificar los horarios y el número de personas que utilizan diariamente el edificio. De esta manera, podremos entender la dinámica de uso del edificio, identificando los espacios más utilizados y las horas de mayor ocupación.

1.1.3.1 Perfil teórico de uso

Al tratarse de un edificio de uso administrativo, la jornada laboral tiene dos horarios, la jornada media y la jornada completa.

La jornada media es de 8h a 15h y lo realizan 3 veces a la semana y en verano todos los días al ser jornada reducida.

La jornada completa, es de 9h a 18h, lo realizan dos veces a la semana poniéndose de acuerdo para que las oficinas no queden solas en las horas de la tarde.

Se creó un perfil teórico para cada uno de los espacios del edificio, teniendo en cuenta el número de puestos de trabajo y los horarios de la jornada laboral descrita anteriormente.

Debido a la similitud de los perfiles teóricos, se seleccionaron unos usos tipo: despachos, salas de reuniones, aulas teóricas y salas de actos, para graficarlos.

En el apartado 2.4.1.2 Análisis del perfil teórico versus el perfil real de uso del edificio, se comparan los dos perfiles.

- Despachos

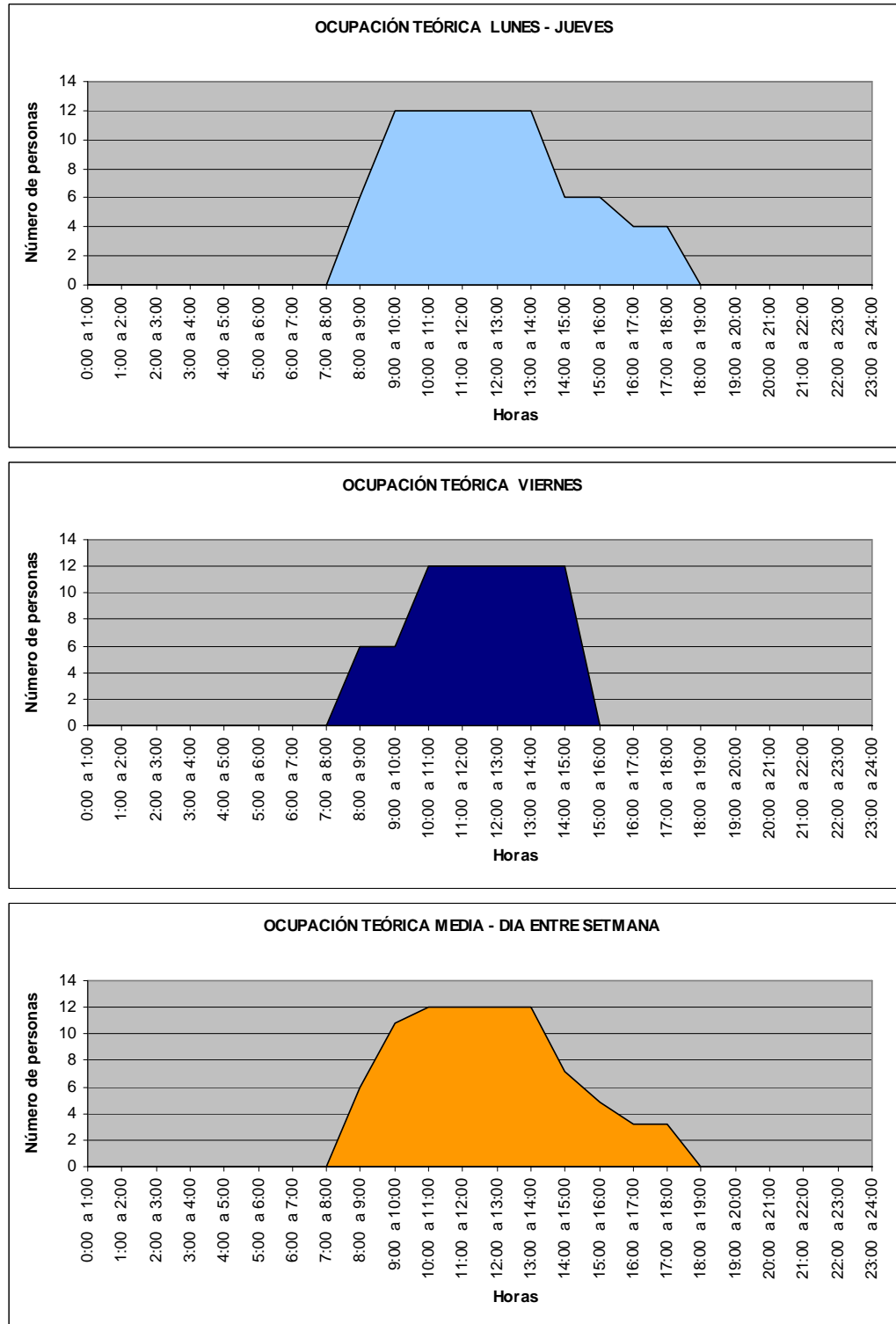


Figura 27. Perfil teórico de ocupación despachos. Fuente: Elaboración propia

Los perfiles tienen como característica en común que todos los espacios tienen una ocupación intensa en las horas de la mañana y disminuyen notablemente su ocupación en las horas de la tarde, podría decirse que en un 50%.

-Salas de reuniones:

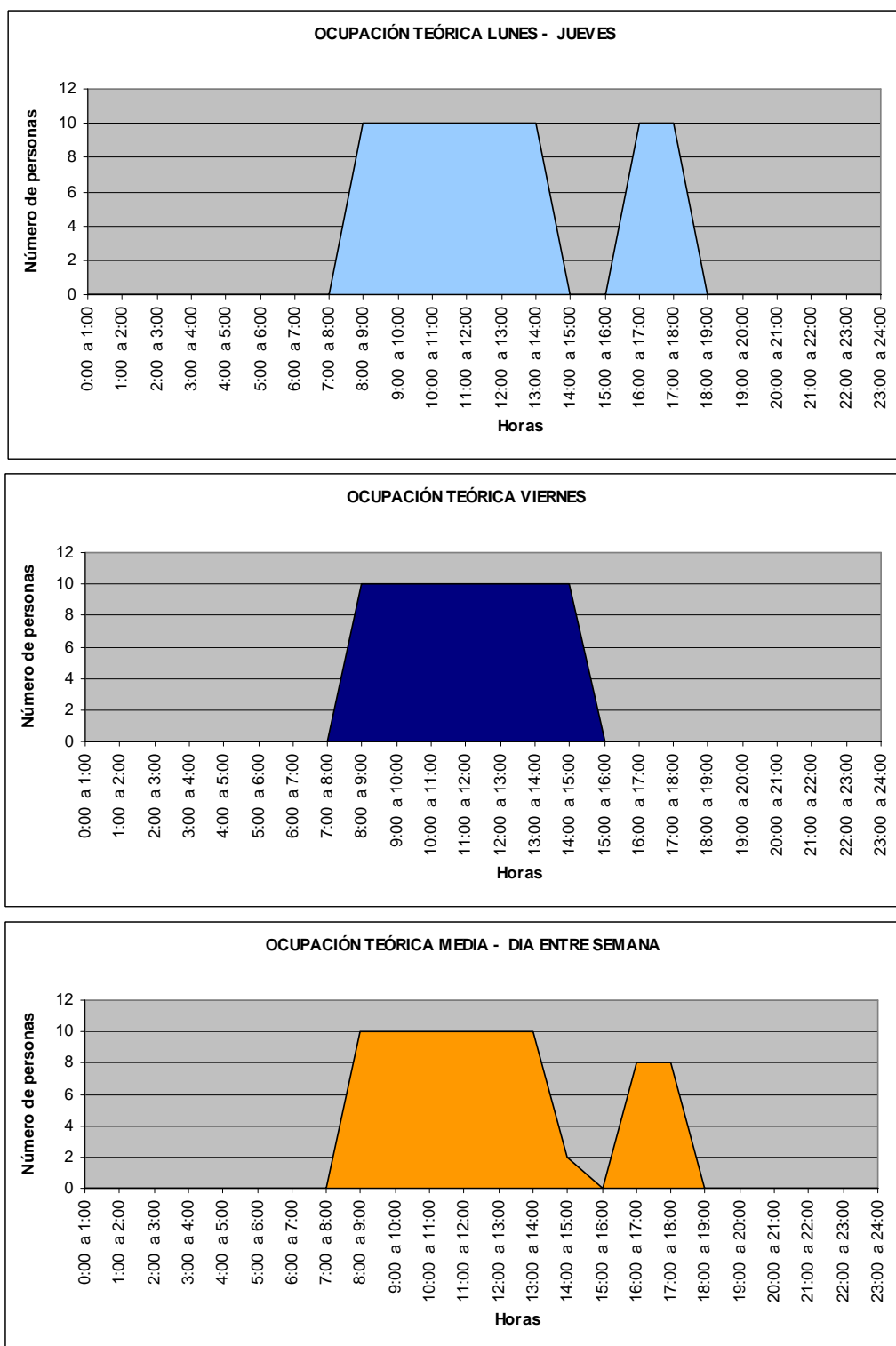


Figura 28. Perfil teórico de ocupación salas de reuniones. Fuente: Elaboración propia

Las salas de reuniones son espacios complementarios a los despachos, por lo cual tienen como horario teórico de 9h a 18h, estando disponibles durante todo el horario laboral.

No obstante, su ocupación es muy variable.

-Aulas teóricas:

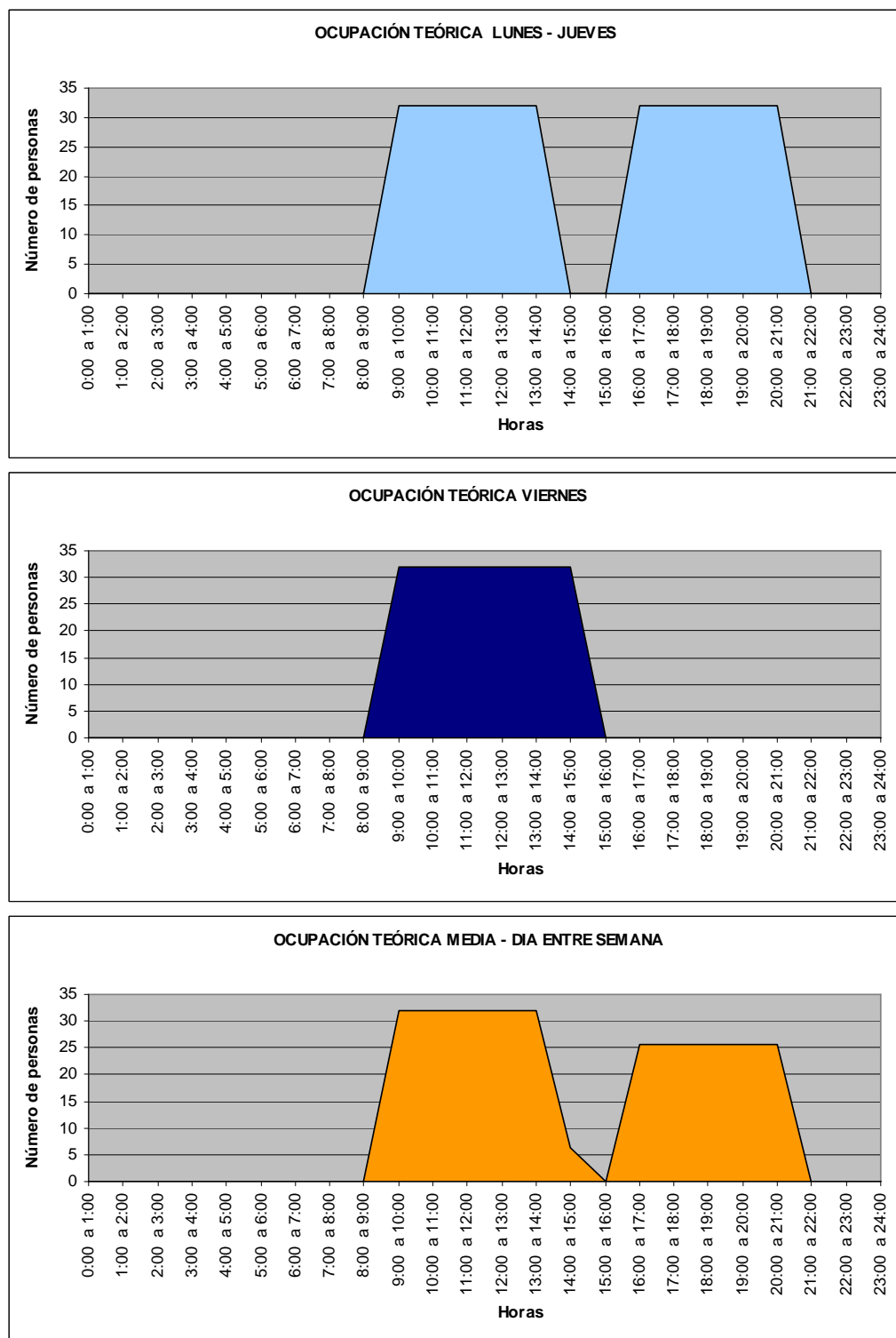


Figura 29. Perfil teórico de ocupación Aulas teóricas. Fuente: Elaboración propia

Las aulas teóricas tienen como horario teórico de 9h a 21h durante los días de jornada completa y en verano de 9h a 15h, que corresponde al horario de los días medios.

Al igual que las salas de reuniones, son espacios con ocupaciones variables que dependen de los cursos que se realizan en el transcurso del año.

-Salas de actos

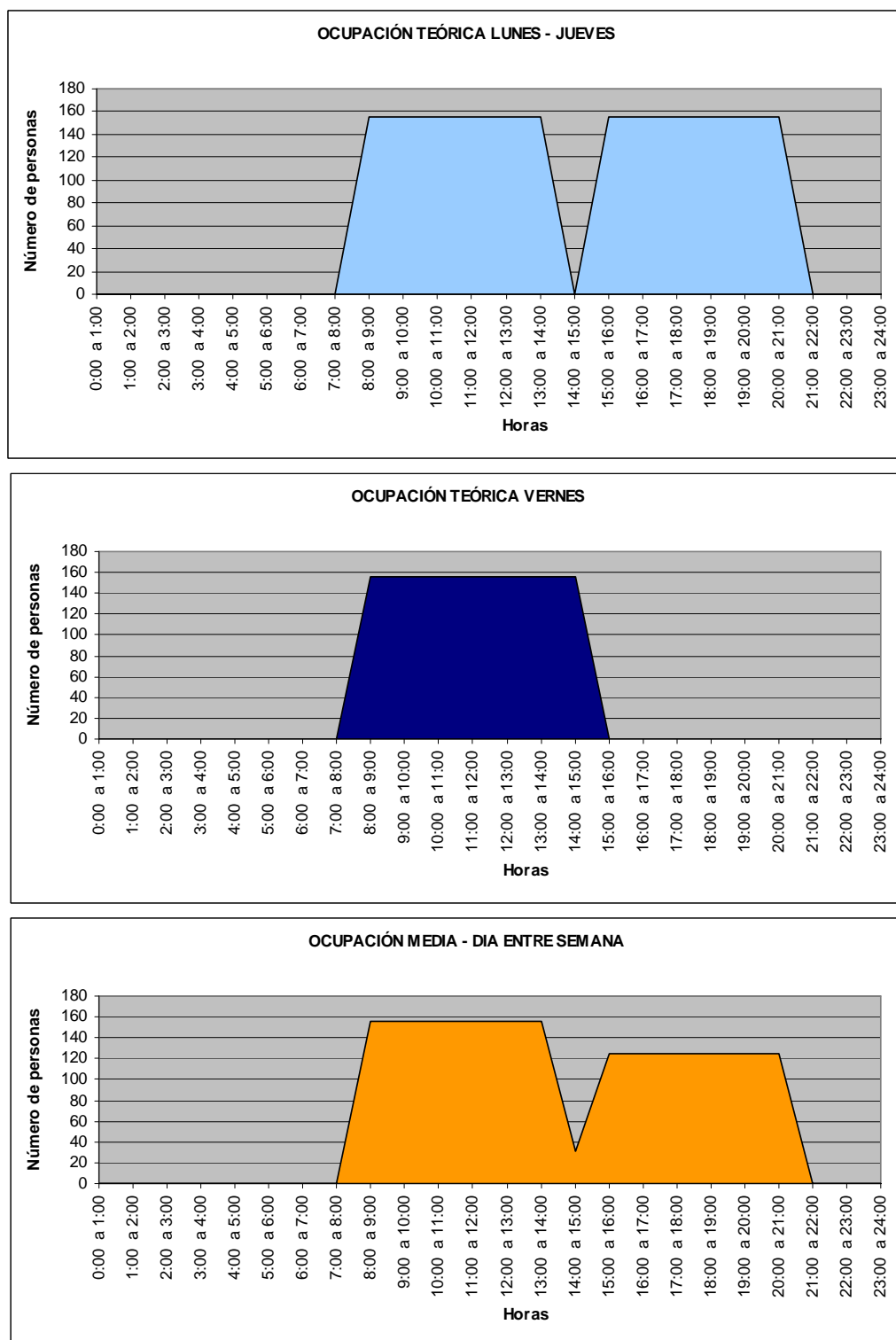


Figura 30. Perfil teórico de ocupación salas de actos. Fuente: Elaboración propia

El horario teórico de las salas de actos es de 9h a 21h durante los días de jornada completa y en verano de 9h a 15h, que corresponde al horario de los días medios.

En el apartado 2.4.1.2 Análisis perfil teórico vs. Perfil real de uso del edificio, se evalúan los dos perfiles.

Con el objetivo de tener un perfil aproximado de la ocupación teórica del edificio, se unieron todos los perfiles de ocupación de los espacios tipo seleccionados.

En este caso se utilizó el porcentaje de la ocupación teórica de los espacios para poder realizar una comparación.

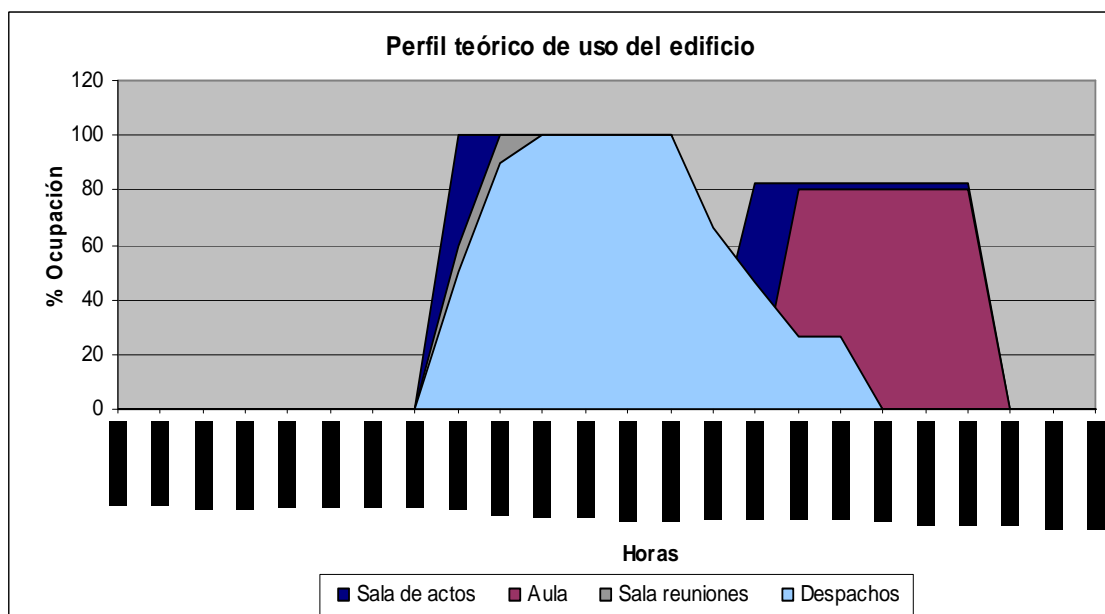


Figura 31. Perfil de ocupación teórico del edificio
Fuente: Elaboración propia

La mayoría de los espacios del edificio presenta una ocupación del 100% en las horas de la mañana, desde las 9h hasta las 13h y en las horas de la tarde esta se reduce un poco.

Los despachos, el uso más representativo del edificio, tienen la misma ocupación en las horas de la mañana, del 100%, pero en las horas de la tarde esta se reduce notablemente.

Esta consideración de cara a la gestión de los sistemas del edificio debería ser muy importante.

1.2 Datos dinámicos

Los datos dinámicos son los datos que presentan modificaciones a lo largo del tiempo. Estas modificaciones son causadas por factores como la ocupación, el clima, los sistemas de climatización, entre otros.

1.2.1 Seguimiento de los consumos energéticos del edificio

El consumo energético nos permitirá ver el consumo de los recursos del edificio, visualizando su impacto ambiental y si su consumo es apropiado.

1.2.1.1 Seguimiento del consumo energético del edificio

El proyecto SIRENA (Sistema de Información del consumo de Recursos Energéticos y de Agua), es una herramienta informática on-line que integra y gestiona toda la información relacionada con el consumo de recursos a los edificios de la universidad UPC, a partir de la cual genera automáticamente, comparativas, gráficas, indicadores de consumo, de impacto ambiental asociado, etc.²

La herramienta SIRENA, nos permite llevar el seguimiento detallado del consumo energético del edificio, obteniendo datos diarios, semanales, mensuales, anuales e históricos.

- Información de referencia:

Seguimiento consumos históricos (electricidad y gas)

Fuente: www.upc.edu/sirena

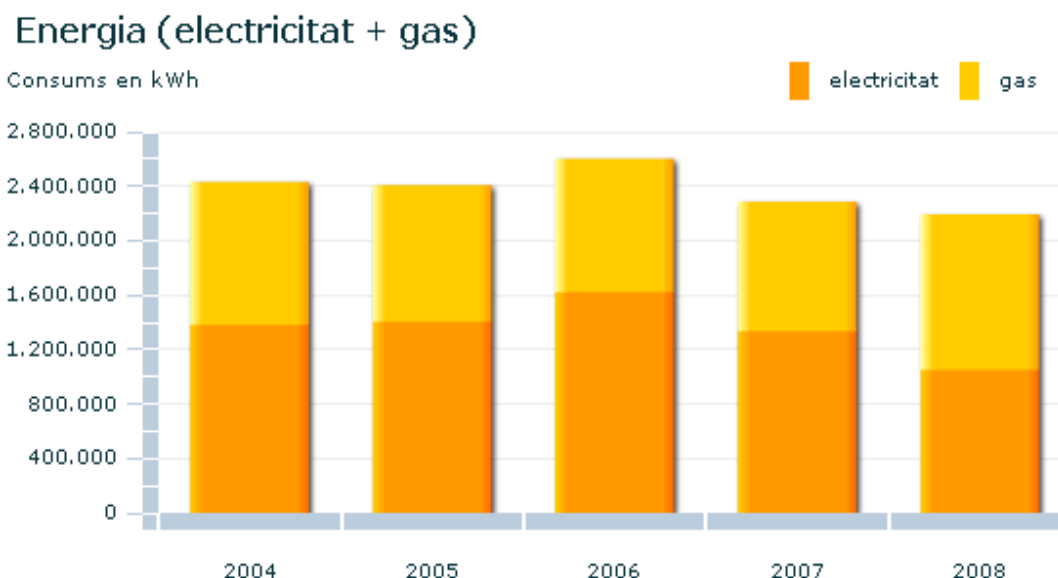


Figura 32. Consumo histórico edificio Vértex (2004 - 2008)

Fuente: www.upc.edu/sirena

² <http://www.upc.edu/sostenible2015/edificacion-energia-y-cambio-climatico/proyectos/proyecto-sirena>

El consumo energético del edificio presenta consumos anuales similares de gas y electricidad durante el año, siendo en algunos casos el consumo anual eléctrico ligeramente mayor que el consumo anual de gas.

El consumo anual de gas se encuentra entre los 954,000 kWh y 1,142,000 kWh, y el consumo anual eléctrico entre los 1,050,000 kWh y 1,623,000 kWh Aproximadamente.

Del consumo total energético del año 2008, 2,192,516 kWh e 52% corresponde al consumo de gas y el 48% al de electricidad.

El peso de los sistemas de climatización no se ve reflejado en el consumo anual de gas. El consumo eléctrico es similar al consumo de gas debido a la iluminación y la cantidad de equipos, ordenadores, impresoras, que se utilizan constantemente en el edificio.

Energía (electricitat + gas)

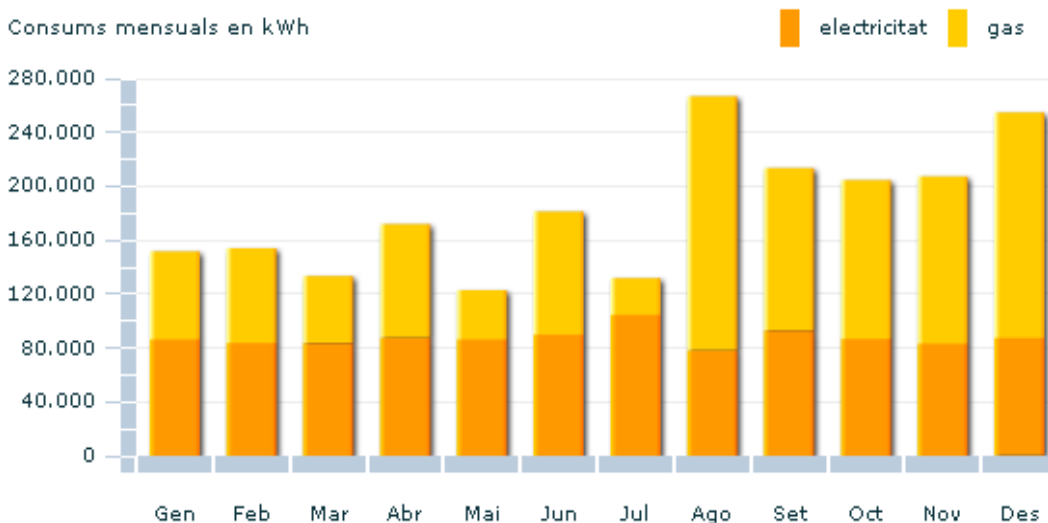


Figura 33. Consumo mensual edificio Vértex año 2008

Fuente: www.upc.edu/sirena

En el consumo mensual del año 2008, se puede ver como el consumo eléctrico mensual es más constante que el de gas, el cual aumenta en los meses del año de acuerdo con las necesidades de climatización del edificio.

Esta situación se refleja con claridad en los meses de Agosto y Diciembre en los cuales el consumo mensual eléctrico es de 78,237 kWh y 87,294kWh respectivamente, mientras que el consumo mensual de gas es de 188,364 kWh en Agosto y 167,212 kWh en Diciembre, valores que doblan el consumo mensual eléctrico.

- Información de referencia:

Seguimiento on-line del consumo eléctrico

Fuente: www.upc.edu/sirena

Con el seguimiento del consumo eléctrico on-line, se puede ver más detalladamente el consumo según la ocupación del edificio.

A continuación se detalla el consumo mensual, semanal y diario típico del edificio durante la jornada de trabajo.

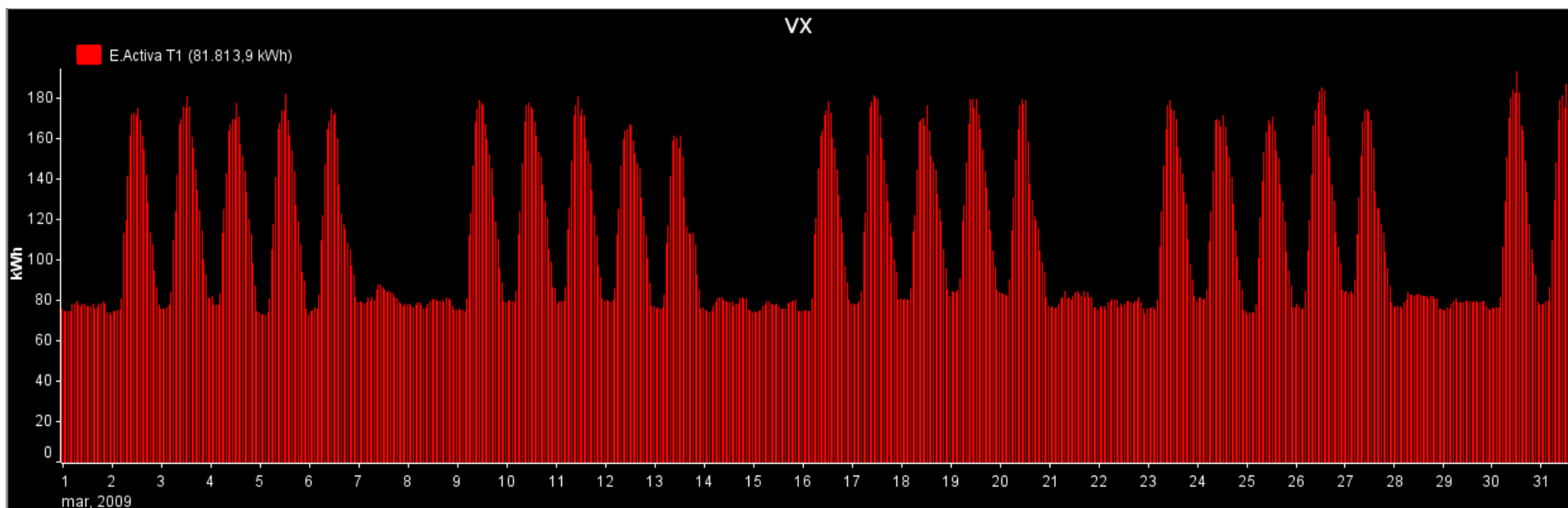


Figura 34. Perfil de consumo mensual on-line (Marzo 2009)

Fuente: www.upc.edu/sirena

El edificio tiene un consumo de fondo (aquel que permanece constante en la grafica) de 80 kWh aproximadamente, el cual es muy alto.

En el perfil de consumo mensual se pueden identificar fácilmente los días laborales y los fines de semana, gracias al aumento del consumo eléctrico durante la jornada laboral, debido a la utilización de los equipos e iluminación, presentado como máximo consumo 185 kWh.

Durante el fin de semana, se mantiene el consumo de fondo debido a los servidores que permanecen encendidos durante todo el año.

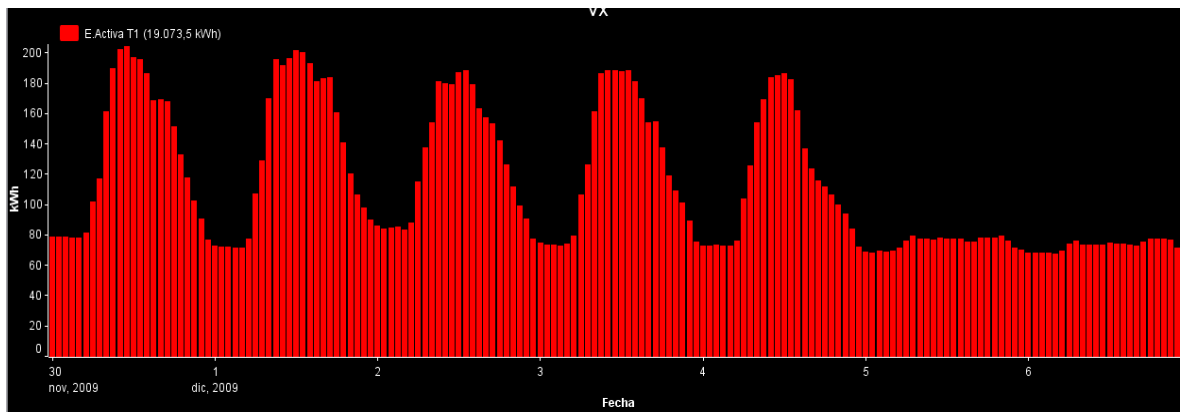


Figura 35. Perfil de consumo semanal on-line (semana del 30 de Nov. al 6 de Dic. de 2009)

Fuente: www.upc.edu/sirena

En el perfil de consumo semanal se lee más detalladamente el perfil de consumo eléctrico durante las horas de ocupación.

En las horas de la mañana, se eleva rápidamente el consumo al comenzar la jornada laboral, en la tarde el consumo va disminuyendo más lentamente hasta llegar al consumo de fondo en las horas de la noche.

Se puede concluir que el consumo eléctrico está ligado con la ocupación de los espacios y al uso de los equipos en los despachos.

1.2.1.2 Seguimiento del consumo de gas del edificio

En el edificio Vértex, el consumo de gas es muy importante porque los sistemas de climatización (tanto calefacción como refrigeración) emplean gas natural como fuente energética, y su uso se debe ver reflejado en el consumo.

Lamentablemente, actualmente no existe conexión on-line con el sistema SIRENA y los datos de consumo de gas se deben obtener directamente de la lectura de contadores disponibles en el edificio, tomados manualmente de los contadores de gas durante los días laborables de lunes a viernes.

Se tiene previsto conectar el edificio en un futuro al proyecto SIRENA con el objetivo de obtener datos más precisos del consumo de gas del edificio y de esta manera poder tener datos más precisos del consumo de los sistemas de climatización.

- Información de referencia:

Tipo de datos: Lectura de los contadores de gas (kWh)

Fuente: Coordinación mantenimiento campus Nord (Juan de Dios Román)

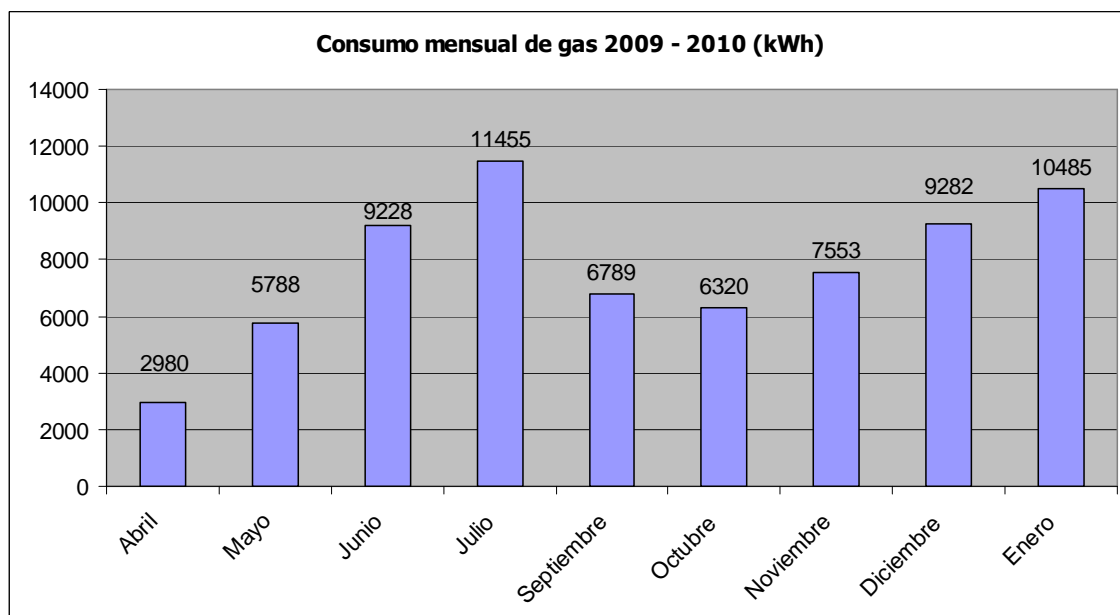


Figura 36. Consumo de gas edificio Vértex (Abril 2009 - Enero 2010)

Fuente: Coordinación mantenimiento campus Nord

Las lecturas del consumo de gas realizadas desde el mes de Abril de 2009 hasta Enero de 2010, reflejan el consumo de los sistemas de climatización.

Los meses de verano, Junio y Julio, (no se tienen datos de los consumos de Agosto) tienen un consumo mas elevado debido a las altas temperaturas exteriores que se presentan, teniendo que climatizar el edificio en las horas laborables.

En los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre, disminuye el consumo casi a la mitad. En estos meses, al igual que en Abril mes con menor consumo, se puede ventilar naturalmente, por lo tanto no es necesario el uso de los sistemas de climatización en todos los espacios.

En Diciembre y Enero, meses de invierno, se presentan consumos similares a los de los meses de verano, gracias a la necesidad de climatizar el edificio debido a las bajas temperaturas que se presentan.

1.2.2 Seguimiento de las condiciones de confort

Con el objetivo de conocer el comportamiento térmico del edificio, se tomaron temperaturas en los espacios de estudio y se crearon unas curvas de seguimiento según el Protocolo de recogida de datos de condiciones de confort interno de los edificios.

1.2.2.1 Evolución de las condiciones climáticas de Barcelona

El edificio Vértex esta ubicado en la ciudad Barcelona, ubicada en la latitud 40° N y a una altitud de 25m sobre el nivel del mar.

Presenta un clima mediterráneo húmedo. Este clima hace que los veranos no sean tan intensos, llegando a presentar temperaturas hasta de 37°C, y los

inviernos suelen ser bastante cálidos y templados, con poca oscilación térmica diaria. Muy pocas veces se presentan temperaturas extremas de frío o de calor.

Tiene unas precipitaciones muy particulares, concentradas en pocos días, sequía en el verano y abundantes lluvias el resto del año especialmente en el otoño y la primavera. En verano presenta algunas tormentas fuertes pero cortas.

- Información de referencia: Resumen de las condiciones climáticas de Barcelona, datos estadísticos de 1971 – 2000.
Fuente: Instituto nacional de meteorología.

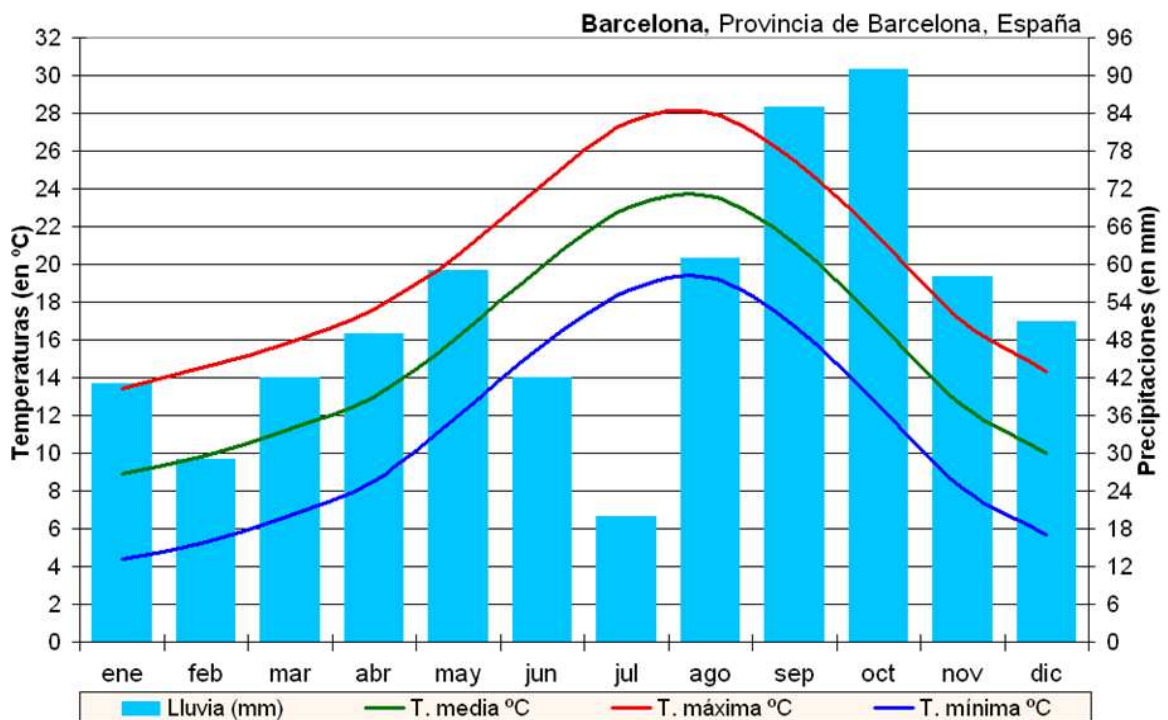


Figura 37. Datos estadísticos climatológicos (período 1971-2000)
Fuente: Instituto Nacional de Meteorología.

1.2.2.2 Evolución de las temperaturas del edificio

Con el objetivo de conocer el comportamiento térmico del edificio respecto al clima, su ocupación y a su uso, se evaluaron las temperaturas al interior de los espacios de estudio.

Los datos de temperatura y humedad de los espacios de estudio, se obtuvieron con dos clases de instrumentos de medición, el data logger TESTO 177-T3 y el TESTO 735-1.

El data logger TESTO 177-T3, es un instrumento de medición de humedad y temperatura. Se utiliza para mediciones de largas temporadas.



TESTO 177-T3

El TESTO 735-1, es un instrumento de medición de temperatura, humedad y de partículas CO2. Tiene una sonda inalámbrica que permite tomar datos de dos espacios con el mismo instrumento. Se utiliza para mediciones temporales.



TESTO 735-1



Sonda Inalámbrica

En cada uno de los espacios tipo se ubicó un aparato de medición, obteniendo los datos de temperatura y humedad cada media hora, desde Mayo de 2009 hasta Enero de 2010.

Los aparatos se ubicaron de una forma estratégica, evitando que quedaran cerca de las ventanas para evitar el exceso de radiación solar, a una altura adecuada, evitando que sean manipulados por otras personas.

Durante los meses de toma de datos, los aparatos TESTO 177-T3, no presentaron ninguna pérdida de datos.

Al contrario, con el TESTO 735-1, se perdieron algunos datos, debido a que su uso es temporal y no para largas temporadas como los otros aparatos.

Esto se verá reflejado en los datos presentados mas adelante.

La ubicación de los aparatos de medición en los espacios de estudio fue la siguiente:

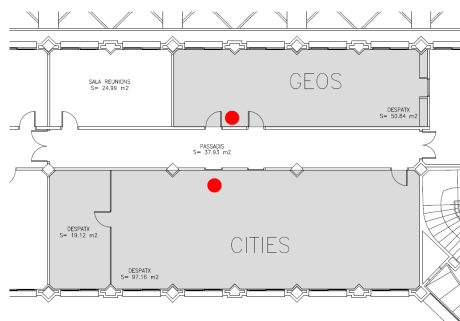


Figura 38. Ubicación de los aparatos de medición CITIES Y GEOS
Fuente: Elaboración propia

En el CITIES y GEOS, debido a su proximidad, se instalo el TESTO 735-1, en el CITIES y la sonda en el otro despacho.

Figura 39. Ubicación de los aparatos de medición Servei de Personal y Servei de desenvolupament Professional. Fuente: Elaboración propia

El despacho de Servei de personal y Servei de desenvolupament professional, se encuentra ubicado en la misma ala del edificio que los espacios mencionados anteriormente, el ala horizontal, en la planta 3.

En este despacho se ubicaron dos TESTO 177-T3, cada uno en una fachada diferente, debido a las diferentes temperaturas que se presentan en cada una de ellas.

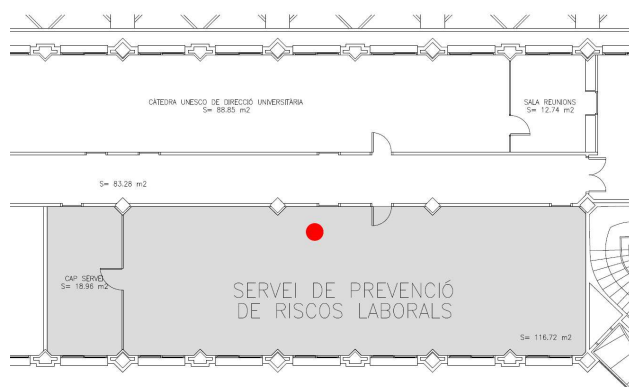


Figura 40. Ubicación de los aparatos de medición Servei de Prevenció de riscos Laborals
Fuente: Elaboración propia

En el despacho de Servei de prevenció de riscos laborals, ubicado en el ala horizontal del edificio, se instaló un TESTO 177-T3.

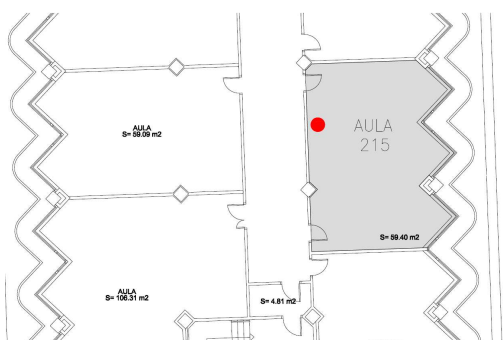


Figura 41. Ubicación de los aparatos de medición Aula 215
Fuente: Elaboración propia

En el Aula teórica, del ala vertical del edificio, se instaló un TESTO 177-T3, con el objetivo de conocer el comportamiento térmico de los espacios ubicados en el sótano y poderlo comparar con los otros espacios de los pisos superiores, que están expuestos a las radiaciones solares.

Además se escogió este espacio porque tiene un uso diferente a los despachos y como consecuencia una ocupación diferente.

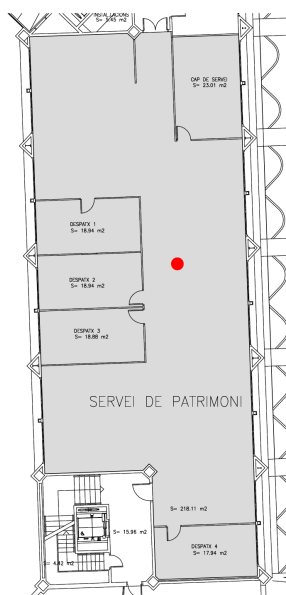


Figura 42. Ubicación de los aparatos de medición Servei de Patrimoni
Fuente: Elaboración propia

El despacho de Servei de patrimoni está ubicado en el ala vertical del edificio en la planta 2. Es uno de los espacios que recibe mayor radiación solar a lo largo del día.

Se realizó un seguimiento semanal del comportamiento térmico de los espacios de estudio, teniendo como base los datos obtenidos por los aparatos de medición, Temperatura y humedad y la temperatura exterior.

Se fijó un rango de confort de temperaturas entre los 20 y los 25°C y de humedad relativa entre el 30% y 70% de humedad relativa, los cuales nos permiten identificar las horas laborales en las cuales la temperatura interior y la humedad relativa de los espacios se encuentran fuera de estos rangos de confort.

Los datos de la temperatura exterior se obtuvieron del Servei Meteorològic de Catalunya, de la estación meteorológica de Zona Universitaria.

A continuación se explican las graficas de seguimiento semanal de los datos de temperatura y humedad relativa de los espacios de estudio.

En los diferentes espacios se midió la temperatura seca y la humedad relativa.

La temperatura seca es la temperatura del aire registrada con un termómetro ordinario y se mide en °C.

La humedad relativa es el porcentaje de vapor que tiene el aire en relación al máximo que puede contener a su temperatura sin saturarse. Se mide en %.³

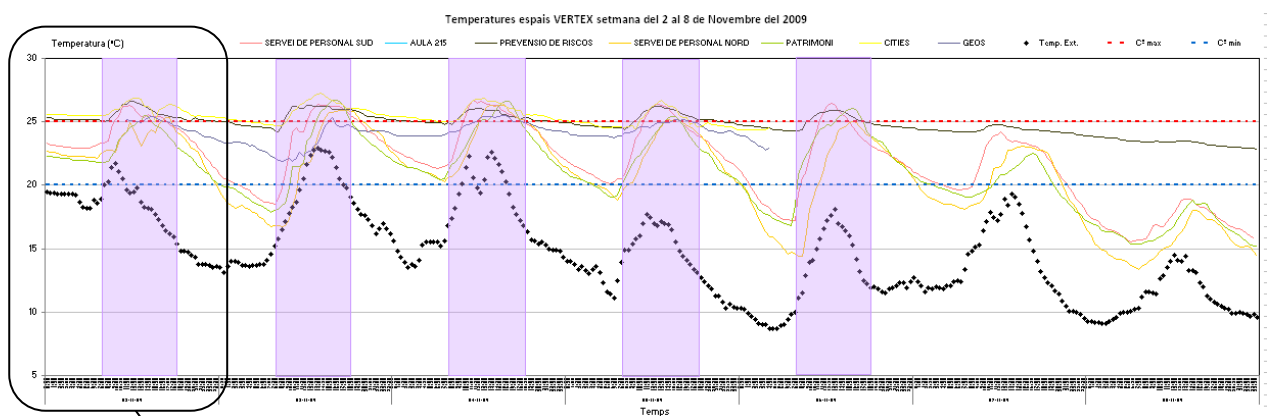


Figura 43. Gráfica semanal de temperaturas
Fuente: Elaboración propia

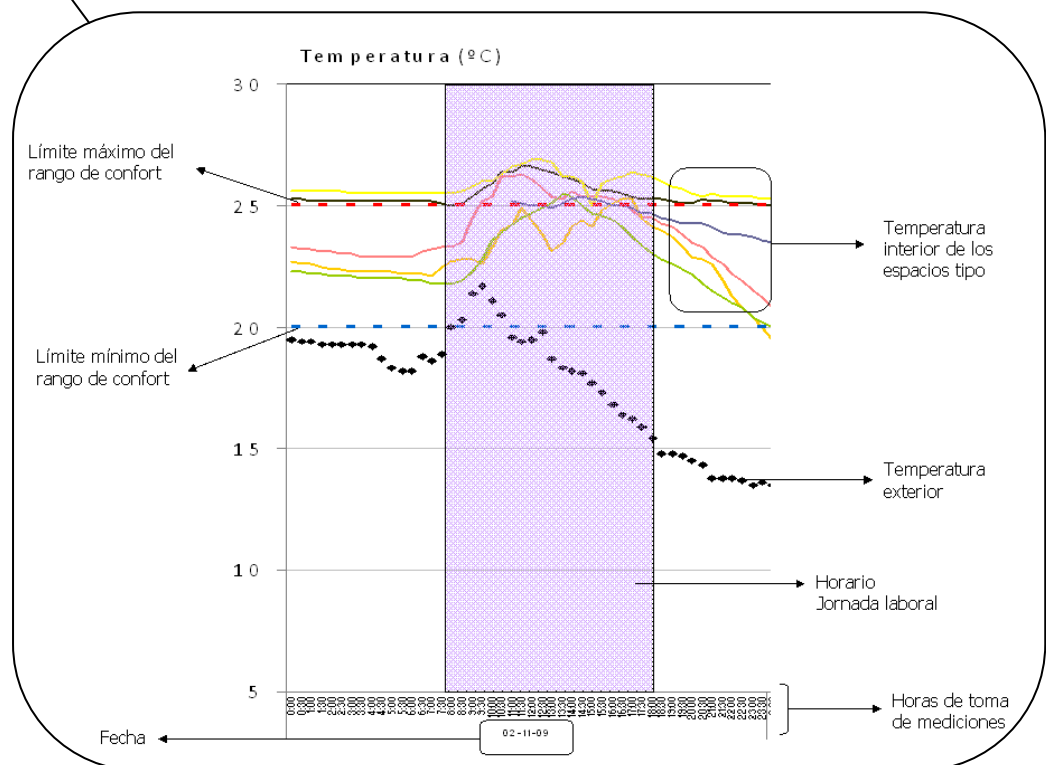


Figura 44. Explicación Día tipo de la gráfica semanal de temperaturas
Fuente: Elaboración propia

³ Arquitectura y energía natural, Rafael Serra Florensa y Helena Coch Roura, Ediciones UPC 1995.

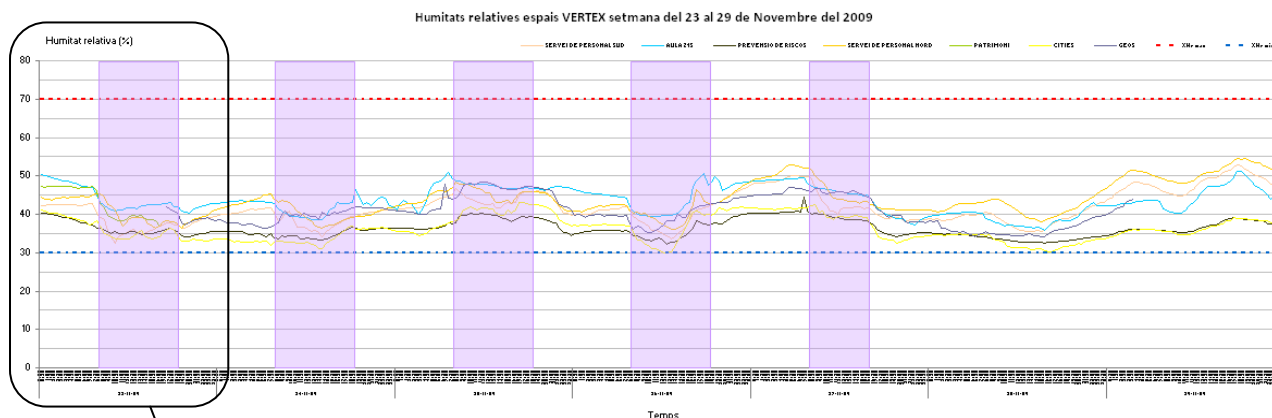


Figura 45. Gráfica semanal de Humedad relativa
Fuente: Elaboración propia

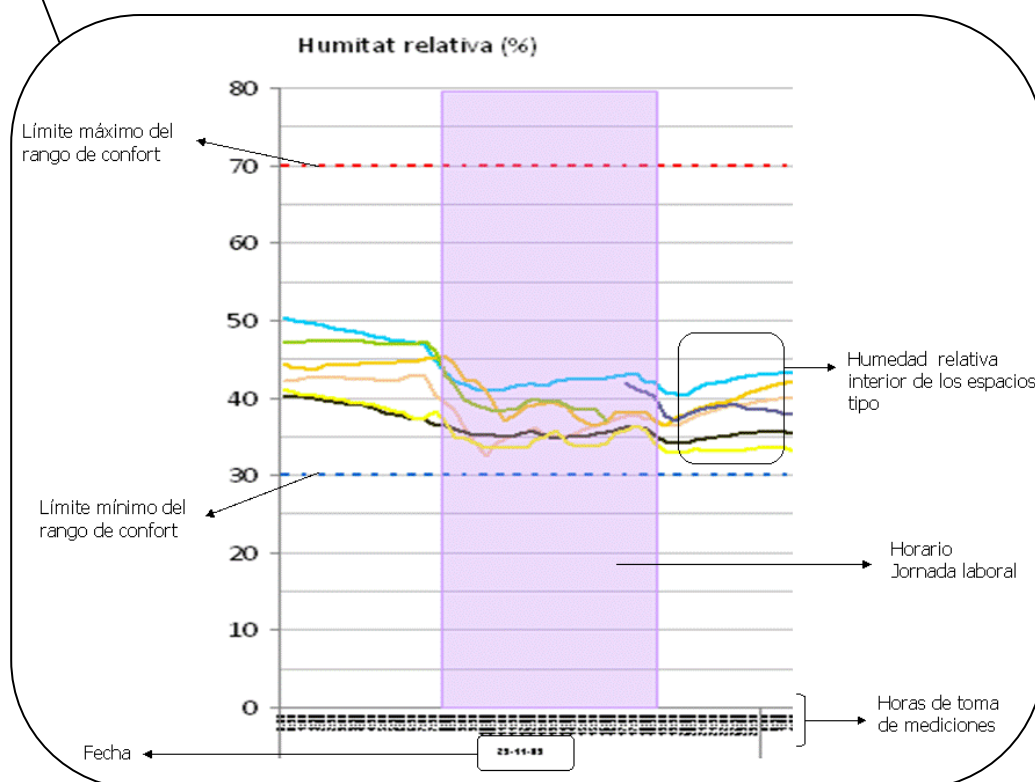


Figura 46. Explicación Día tipo de la gráfica semanal de Humedad relativa
Fuente: Elaboración propia

Para realizar el análisis de confort térmico, se escogieron las graficas más representativas de cada uno de los meses en los cuales se tomaron los datos de temperatura y humedad relativa en los espacios de estudio.

En los anexos se podrán consultar todas las graficas realizadas semanalmente desde Mayo de 2009 hasta Enero de 2010.

TEMPERATURAS Y HUMEDAD RELATIVA TOMADAS DURANTE LA PRIMAVERA

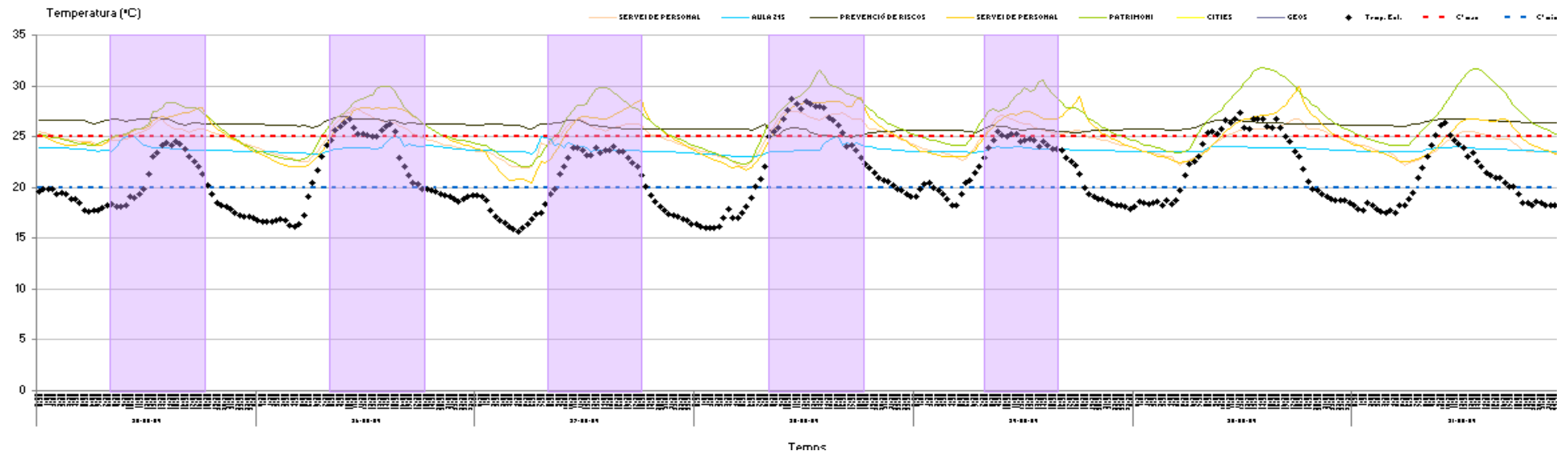


Figura 47. Temperaturas Semana del 11 al 17 de Mayo de 2009. Fuente: Elaboración propia

El mes de Mayo, tuvo como temperatura promedio 14°C. Durante el mes se presentaron temperaturas entre los 12 y los 28 grados, estando algunos días por encima de los 25°C (límite superior del rango de confort fijado) durante las horas laborables.

Las temperaturas de los espacios durante las horas laborables se encuentran por encima de la temperatura exterior, excepto el Aula 215 que tiene una temperatura más constante entre los 23 y los 25 °C.

Prevenió de riscos, presenta una temperatura interior similar, pero por encima de los 25°C.

Los espacios restantes presentan temperaturas con fluctuaciones similares a las de la temperatura exterior, casi siempre, unos grados por encima de esta, debido a las cargas internas, presentando condiciones de confort térmico desfavorables. Esto debe, probablemente, a que ventilan los espacios naturalmente y probablemente evidencia una mala coordinación entre los sistemas de clima y los hábitos de ventilación de los usuarios.

Servei de Patrimoni es el espacio que presenta las temperaturas mas altas, sobrepasando los 30°C en algunos casos, estando casi 5 grados mas caliente que la temperatura exterior.

Durante el fin de semana, las temperaturas interiores tienen el mismo comportamiento que los días laborales, así no exista actividad en el interior de los espacios de estudio.

Aunque no se tienen datos de todos los meses de la primavera, solo del mes de Mayo, encontramos que los espacios presentan temperaturas muy altas, algunas por encima de los 30°C. Esto se debe a las altas cargas internas generadas por los equipos, las personas y la radiación solar.

Se puede deducir que los espacios que presentan temperaturas tan constantes a lo largo del día y de la semana son espacios que están climatizados. Por ejemplo el aula, que al manejar grandes volúmenes de gente en su ocupación, no presenta ninguna variación en el comportamiento térmico durante las horas laborables y las no laborables.

En cualquier caso los datos obtenidos permiten concluir que en este período analizado hay unas condiciones de sobrecalentamiento en casi la totalidad de los espacios estudiados que genera discomfort en los usuarios y que si tenemos en cuenta el consumo energético de acondicionamiento de este período, podemos concluir que es un consumo ineficiente ya que no genera condiciones de confort adecuadas

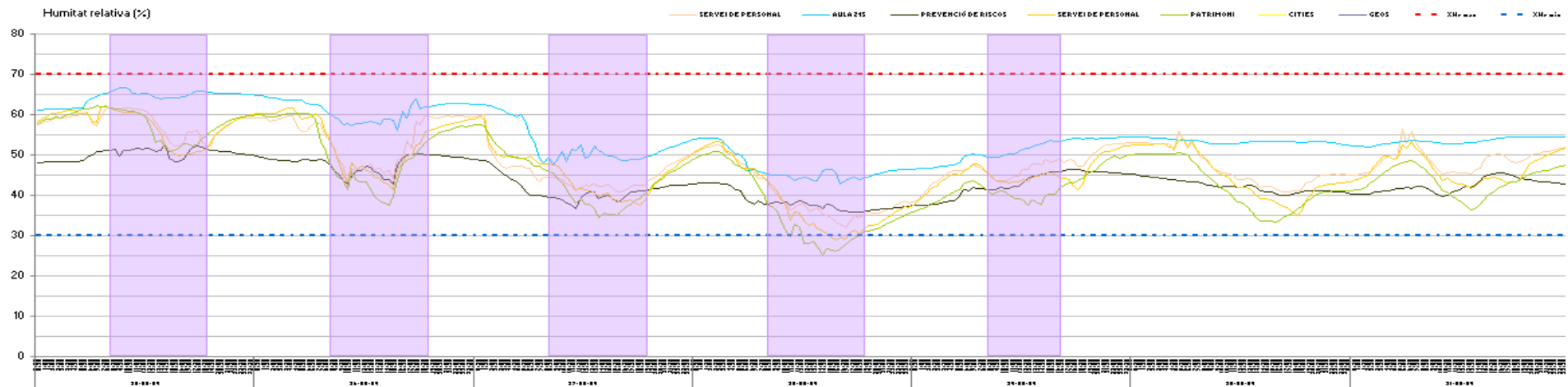


Figura 48. Humedad relativa Semana del 11 al 17 de Mayo de 2009. Fuente: Elaboración propia

Todos los espacios de estudio tienen valores de humedad relativa dentro del rango de confort, excepto Servei de Patrimoni que presenta valores más bajos al 30%. En los días en los que se presenta una humedad relativa más alta, en este caso el lunes y martes, la sensación térmica aumenta y hace que los ocupantes de los despachos sientan que las temperaturas son más elevadas.

Los espacios con humedad relativa más uniforme son el Aula y Prevenció de Riscos, espacios que según su temperatura parece ser que están climatizados de forma permanente.

TEMPERATURAS Y HUMEDAD RELATIVA TOMADAS DURANTE EL VERANO

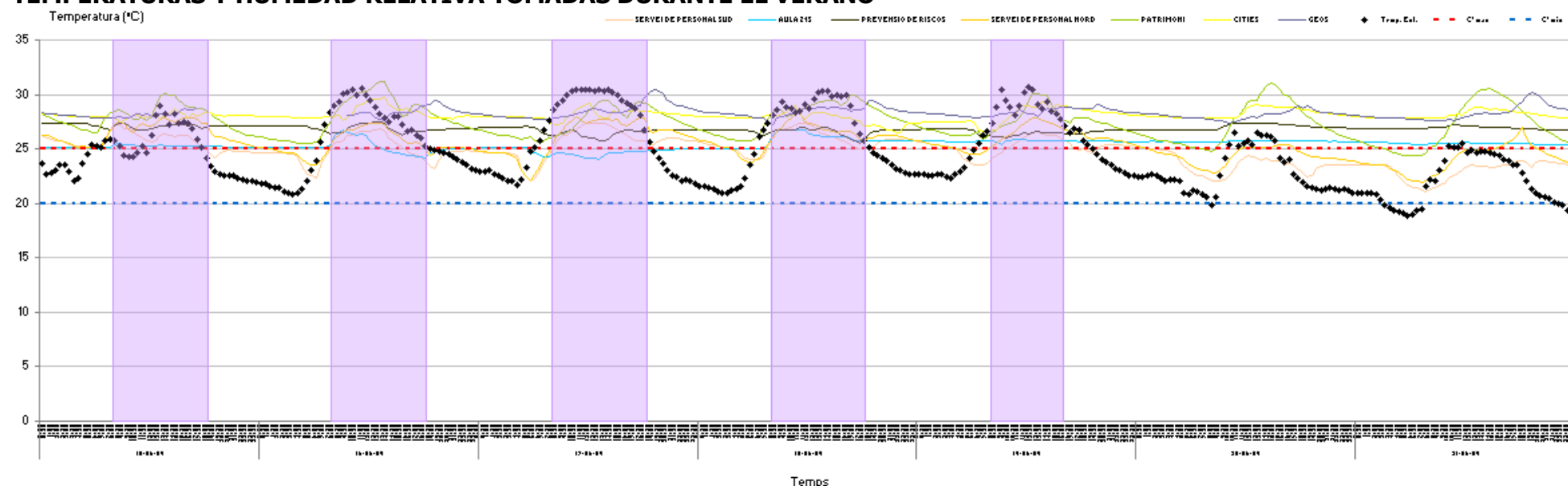


Figura 49. Temperaturas Semana del 15 al 21 de Junio de 2009. Fuente: Elaboración propia

El mes de Junio tuvo como temperatura promedio 23,5°C. Durante el mes se presentaron temperaturas entre los 15,5 y los 33 grados, estando siempre por encima de los 25°C (límite superior del rango de confort fijado) durante las horas laborables.

Los espacios GEOS, Prevenció de Riscos, CITIES y el Aula presentan temperaturas constantes durante el transcurso de la semana, estando siempre fuera del rango máximo de confort, 25°C, pero por debajo de la temperatura exterior, excepto el aula que presenta temperaturas un poco mas bajas debido a la menor incidencia de la radiación solar.

Los demás espacios, siguen presentando fluctuaciones similares a las de la temperatura exterior. Sin embargo, durante las horas laborables de la mañana, la temperatura se encuentra por debajo de la temperatura exterior y en las horas de la tarde, aunque los espacios tengan una menor ocupación, la temperatura interior es mayor a la exterior debido a las ganancias térmicas obtenidas durante las horas de la mañana.

En Servei de personal se puede ver claramente que a las 7 horas se enciende la climatización a 23°C aproximadamente, temperatura inferior a la cual se encuentra el espacio. A medida que se va ocupando, se aumenta la temperatura interior, estando siempre por debajo de la temperatura exterior.

Durante el fin de semana se presentan temperaturas muy similares a las presentadas en los días laborables, el comportamiento térmico del edificio no varía.

Debido al aumento de las temperaturas en el mes de Junio, es necesario climatizar los espacios con el objetivo de tener buenas condiciones de confort al interior de estos, al aumentar la temperatura exterior no se puede ventilar naturalmente. Esto se ve reflejado en la disminución de las fluctuaciones de las temperaturas a lo largo del día, la mayoría de los espacios tienen temperaturas constantes y estas se encuentran por debajo de la temperatura exterior durante la mayoría de las horas laborables.

En este período los datos obtenidos permiten concluir que hay unas condiciones de sobrecalentamiento muy significativas en casi la totalidad de los espacios estudiados que genera discomfort en los usuarios y, como se ha comentado antes, si tenemos en cuenta el consumo energético de acondicionamiento de este período, podemos concluir que es un consumo ineficiente ya que no genera condiciones de confort adecuadas. También se evidencia de forma indirecta la poca efectividad de las protecciones solares ya que la incidencia de la radiación solar exterior es casi directa según avanzan las horas del día.

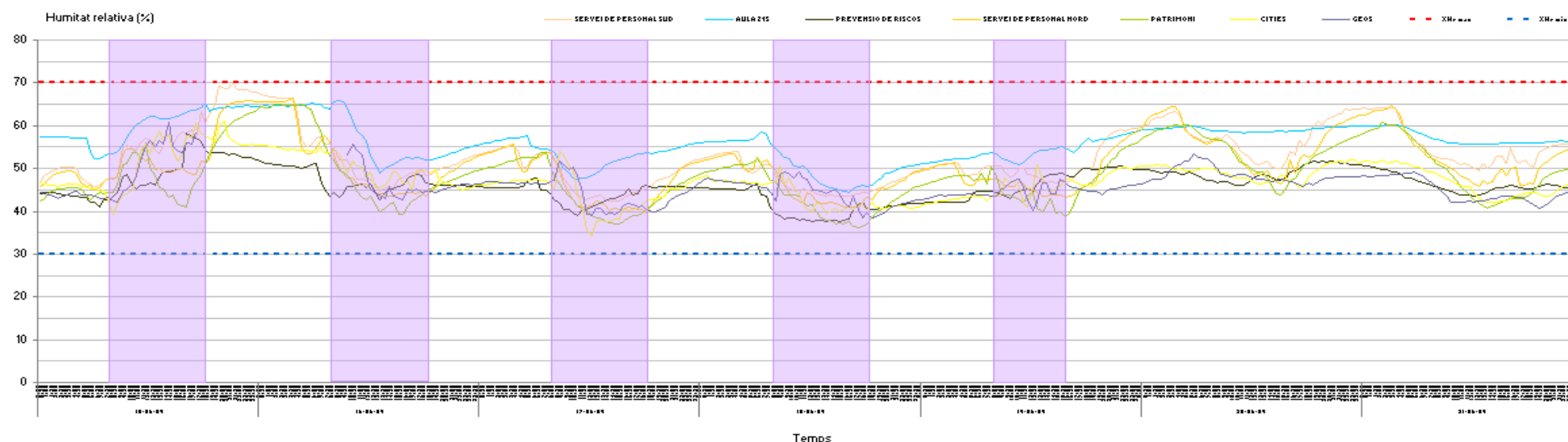


Figura 50. Humedad relativa Semana del 15 al 21 de Junio de 2009. Fuente: Elaboración propia

Todos los espacios de estudio tienen valores de humedad relativa dentro del rango de confort. Durante las horas laborables, la humedad es más baja y más estable debido a la climatización de los espacios.

Durante esa semana se tienen humedades relativas entre el 40 y 50%, la cual no aumenta la sensación térmica al interior de los espacios.

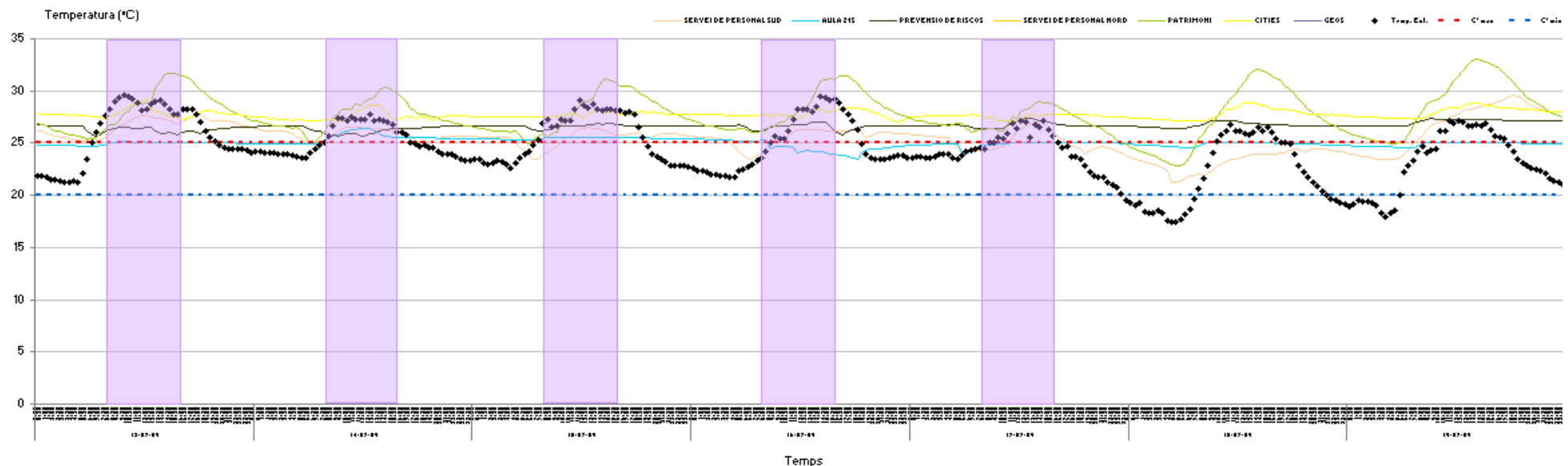


Figura 51. Temperaturas Semana del 13 al 19 de Julio de 2009. Fuente: Elaboración propia

El mes de Julio tuvo como temperatura promedio 25,4°C. Durante el mes se presentaron temperaturas entre los 17,5 y los 37,5 grados, estando siempre por encima de los 25°C (límite superior del rango de confort fijado) durante las horas laborables.

El aula, CITIES y Prevenció de riscos tienen un comportamiento muy regular durante toda la semana, la temperatura interior no se ve influenciada por la temperatura exterior. Las temperaturas al interior del aula están muy cerca al límite del rango de confort térmico, 25°C, debido a la poca radiación solar que recibe al estar ubicada en el sótano.

Debido a la cantidad de radiación solar que recibe a lo largo del día, Servei de Patrimoni, presenta las temperaturas mas altas, por encima de los 30°C, aunque este climatizado. Se puede ver que en las horas de la mañana el espacio está por debajo o igual a la temperatura exterior y con la ocupación del espacio, en las horas de la tarde la temperatura aumenta considerablemente.

Durante el fin de semana, los espacios tienen el mismo comportamiento, puede ser que algunos continúen estando climatizados también así no sean utilizados.

En el mes de julio todos los espacios requieren refrigeración para poder tener condiciones de confort durante las horas de trabajo. Esta se pone en funcionamiento a las 7 de la mañana cuando los espacios no están ocupados aun, bajando algunos grados la temperatura al interior. Los espacios que reciben mayor radiación solar, a través de las aberturas y la cubierta, presentan las temperaturas más altas en las horas de la tarde.

En este mes se realiza jornada reducida, hasta las 15h, pero esto no se ve reflejado en el comportamiento térmico del edificio, puede ser que este tarde un poco en liberar toda la energía acumulada a lo largo del día.

La evolución de las temperaturas observadas en este período reflejan que el aporte de climatización a pesar de ser constante, se ve modificado probablemente por la gestión de los usuarios de la ventilación natural directa ya que la gráfica de las temperaturas de los locales que se sobrecalientan evolucionan de forma muy similar a la temperatura exterior, de funcionar adecuadamente la climatización sucedería lo que se observa en el caso del aula (Curva azul de temperatura) donde la temperatura es constante de acuerdo con la consigna del sistema de climatización

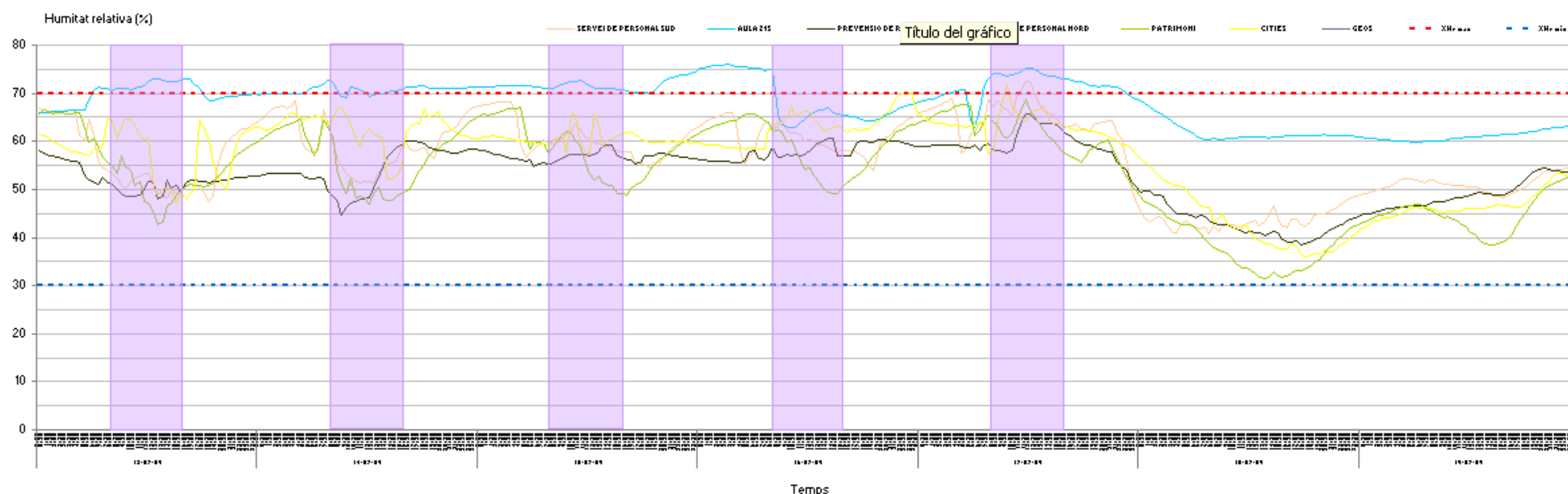


Figura 52. Humedad relativa Semana del 13 al 19 de Julio de 2009. Fuente: Elaboración propia

Todos los espacios de estudio tienen valores de humedad relativa dentro del rango de confort, excepto el aula que presenta valores mas altos al limite superior del rango fijado, 70%. Esto se debe a la ubicación del espacio, el sótano 2 y a su ocupación, maneja volúmenes de personas más grandes que los despachos.

La humedad de todos los espacios presenta muchas variaciones a lo largo del día, debido a la sudoración de las personas en el interior de los espacios.

En las horas en las cuales los valores de humedad relativa son tan altos, aumenta la sensación térmica.

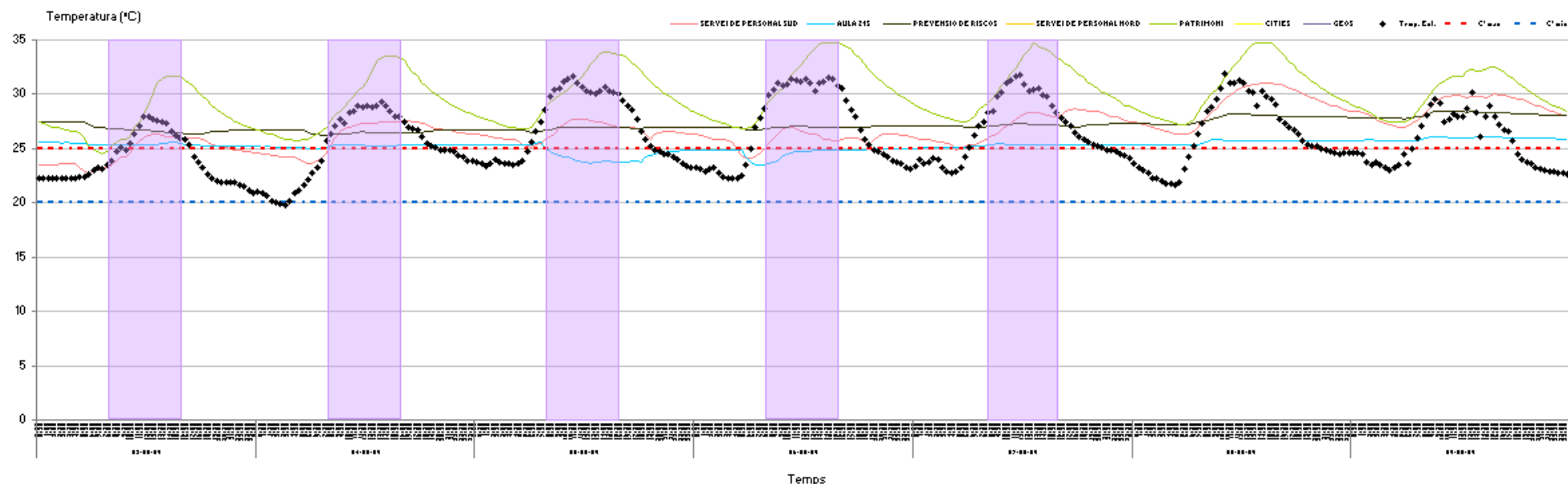


Figura 53. Temperaturas Semana del 3 al 9 de Agosto de 2009. Fuente: Elaboración propia

El mes de Agosto tuvo como temperatura promedio 26,6°C. Durante el mes se presentaron temperaturas entre los 19,8 y los 37 grados, estando siempre por encima de los 25°C (límite superior del rango de confort fijado) durante las horas laborables.

El aula y Prevenció de riscos continúan teniendo temperaturas estables, que aunque están por encima del rango de confort, se encuentran por debajo de la temperatura exterior durante las horas laborables.

Servei de Personal, presenta algunas oscilaciones a lo largo del día, pero siempre por debajo de la temperatura exterior. Estas oscilaciones se deben a la ocupación y a la radiación solar recibida.

Servei de Patrimoni, aunque tiene climatización como los otros espacios, presenta oscilaciones similares a las de la temperatura exterior, presentando temperaturas más elevadas. Es el espacio que tiene el comportamiento mas crítico al verse afectado directamente por la radiación solar durante todo el día en sus fachadas y la cubierta.

Durante el fin de semana los espacios tienen comportamiento similar al de los días laborables excepto Servei de personal que aumenta un poco sus temperaturas.

Durante el mes de agosto, además de realizar jornada reducida es temporada de vacaciones, lo cual no se ve reflejado en el comportamiento térmico de los espacios, las temperaturas debería ser menores, ya que además de reducir las horas de trabajo tienen una menor ocupación y como consecuencia menores cargas internas.

Nuevamente se evidencian en este período los comentarios ya realizados, el sobrecalentamiento es significativo, la efectividad de las protecciones solares es muy baja y la relación entre los sistemas de clima y la ventilación natural parece no ser la adecuada.

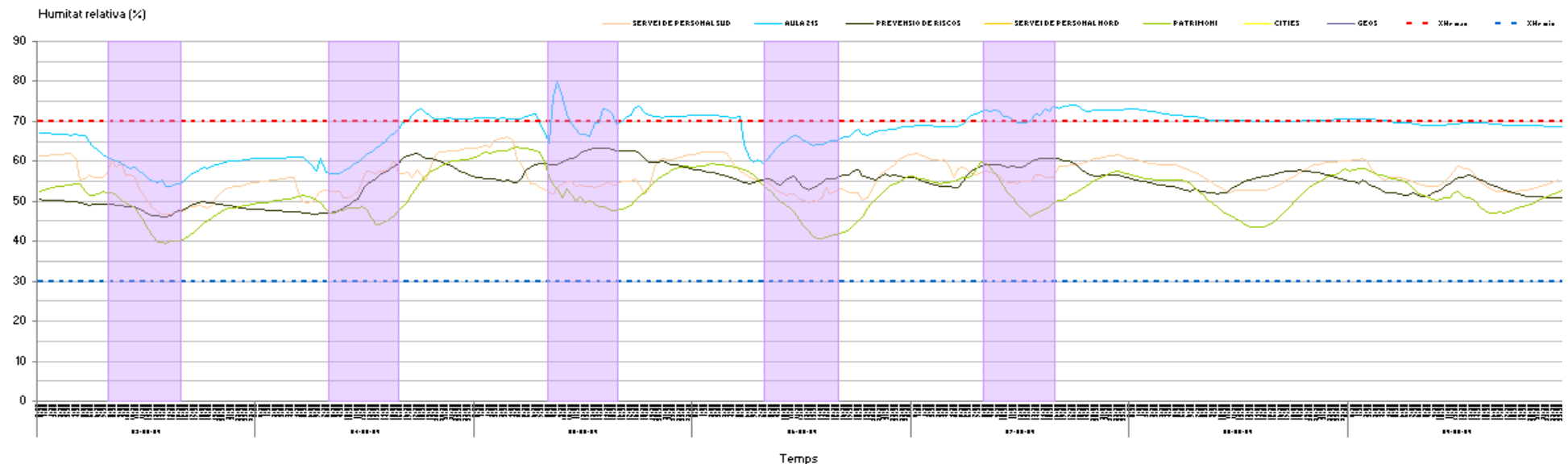


Figura 54. Humedad relativa Semana del 3 al 9 de Agosto de 2009. Fuente: Elaboración propia

Todos los espacios de estudio tienen valores de humedad relativa dentro del rango de confort, excepto el aula que presenta valores mas altos al limite superior del rango fijado, 70%. Esto se debe a la ubicación del espacio, el sótano 2 y a su ocupación, maneja volúmenes más grandes que los despachos.

La humedad de todos los espacios presenta muchas variaciones a lo largo del día y presenta valores entre el 40 y 60% debido a la sudoración de los usuarios de los espacios.

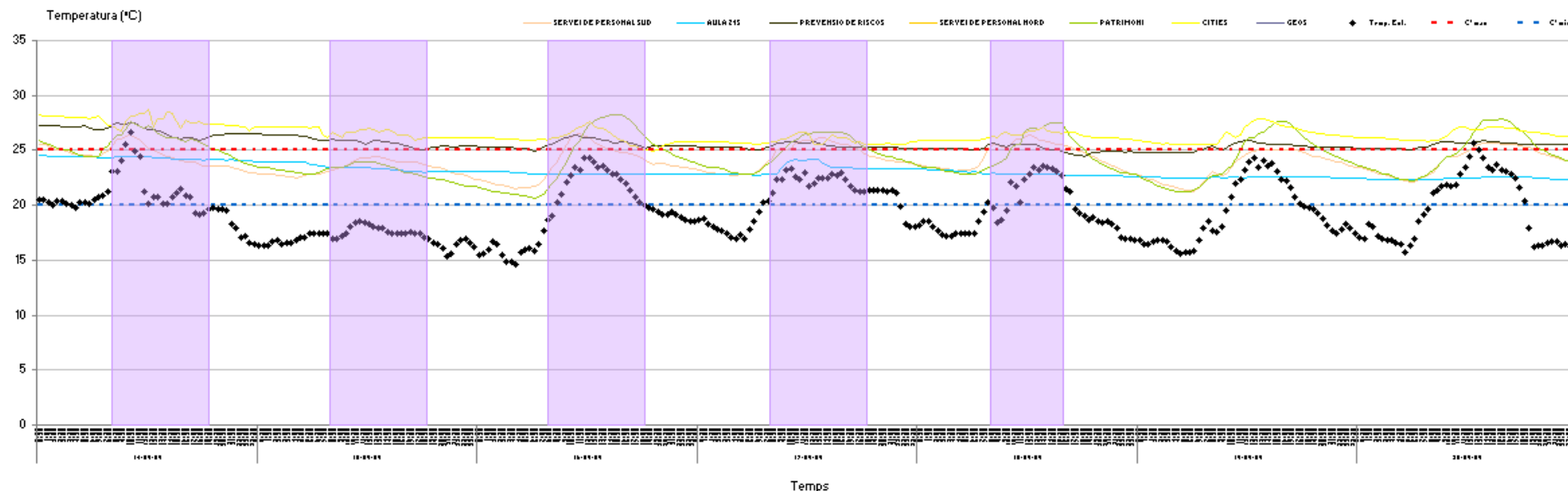


Figura 55. Temperaturas Semana del 14 al 20 de Septiembre de 2009. Fuente: Elaboración propia

El mes de Septiembre tuvo como temperatura promedio 22,3 °C. Durante el mes se presentaron temperaturas entre los 14,6 y los 31,2 grados, estando casi siempre dentro del rango de confort fijado durante las horas laborales.

El aula y Prevenció de riscos continúan con temperaturas estables, mientras que los otros espacios tienen un comportamiento similar al de la temperatura exterior, con valores un poco más altos.

En esta época, donde las temperaturas no son tan altas como los meses de verano, es posible climatizar los espacios naturalmente, razón por la cual la temperatura al interior de estos es similar a la exterior, pero un poco más altas por las cargas térmicas y energéticas.

En las horas de la mañana los espacios presentan temperaturas más próximas a la temperatura exterior, pero estas aumentan en las horas de la tarde.

Es significativo el comportamiento de los espacios no varía durante el fin de semana, se mantienen las mismas condiciones de los días laborables.

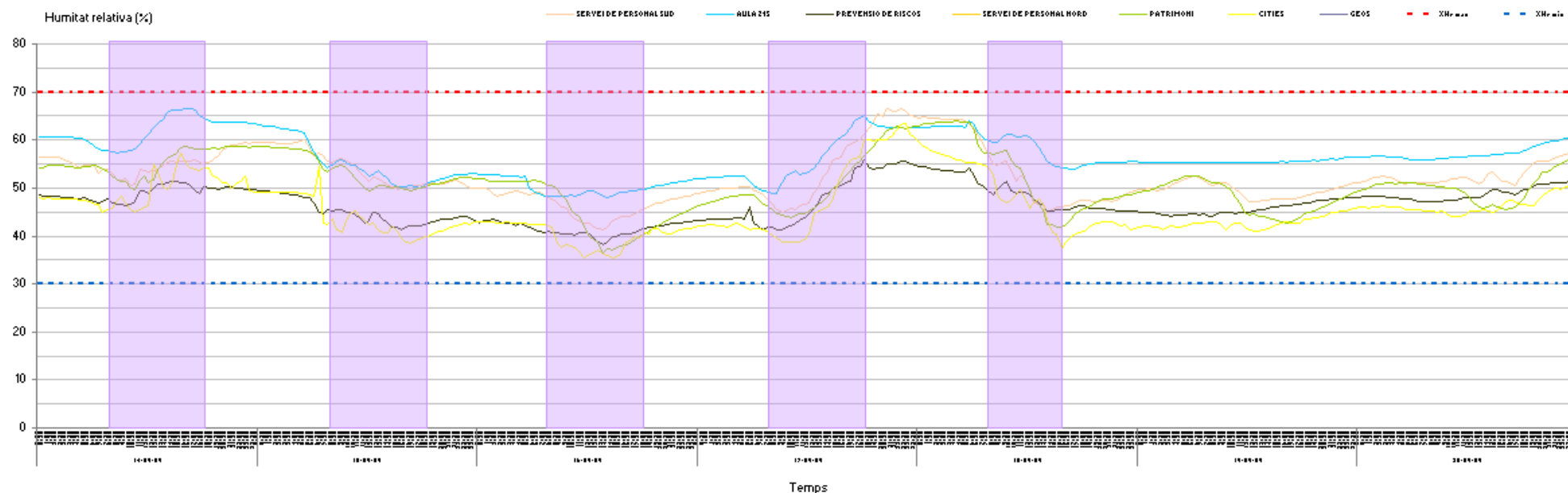


Figura 56. Humedad relativa Semana del 14 al 20 de Septiembre de 2009. Fuente: Elaboración propia

Todos los espacios de estudio tienen valores de humedad relativa dentro del rango de confort, presentando muchas variaciones a lo largo del día.

En las horas en las cuales los valores de humedad relativa son tan altos, aumenta la sensación térmica al interior de los espacios y como consecuencia disminuyen las condiciones de confort.

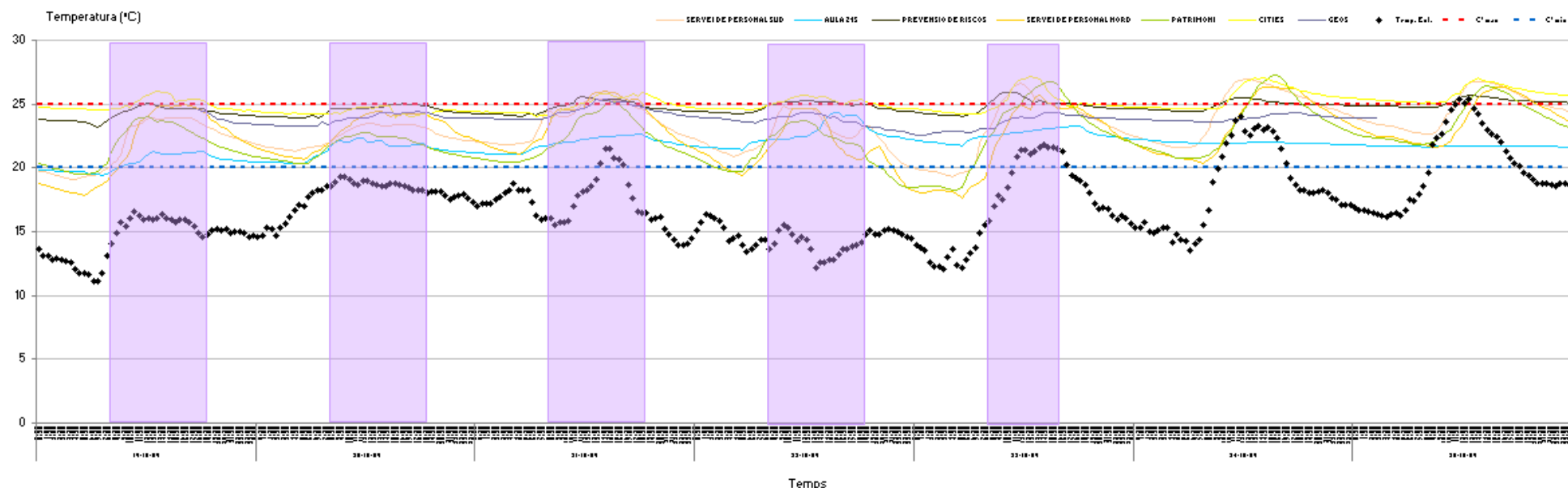


Figura 57. Temperaturas Semana del 19 al 25 de Octubre de 2009. Fuente: Elaboración propia

El mes de Octubre tuvo como temperatura promedio 19°C. Durante el mes se presentaron temperaturas entre los 10 y los 29 grados, estando casi siempre por debajo del rango de confort fijado durante las horas laborales.

La temperatura de casi todos los espacios se encuentra dentro del límite de rango de confort durante la jornada laboral. Las temperaturas de los espacios ya no son tan estables como en los meses anteriores, debido a la utilización del aire exterior para climatizar los espacios con ventilación natural, sin utilizar los sistemas de climatización del edificio.

Servei de Patrimoni y Servei de personal, son los espacios que más se asemejan a la temperatura exterior debido a su localización, los dos están ubicados en el último piso del ala correspondiente, teniendo contacto directo con la cubierta del edificio. Los demás espacios al estar en pisos intermedios logran tener temperaturas un poco más estables.

Durante el fin de semana varia un poco el comportamiento de los espacios alcanzando temperaturas mas bajas en las horas de la mañana, debido a la reducción de cargas internas. Mientras que en las horas de la tarde aumenta la temperatura de los espacios debido a la radiación solar recibida.

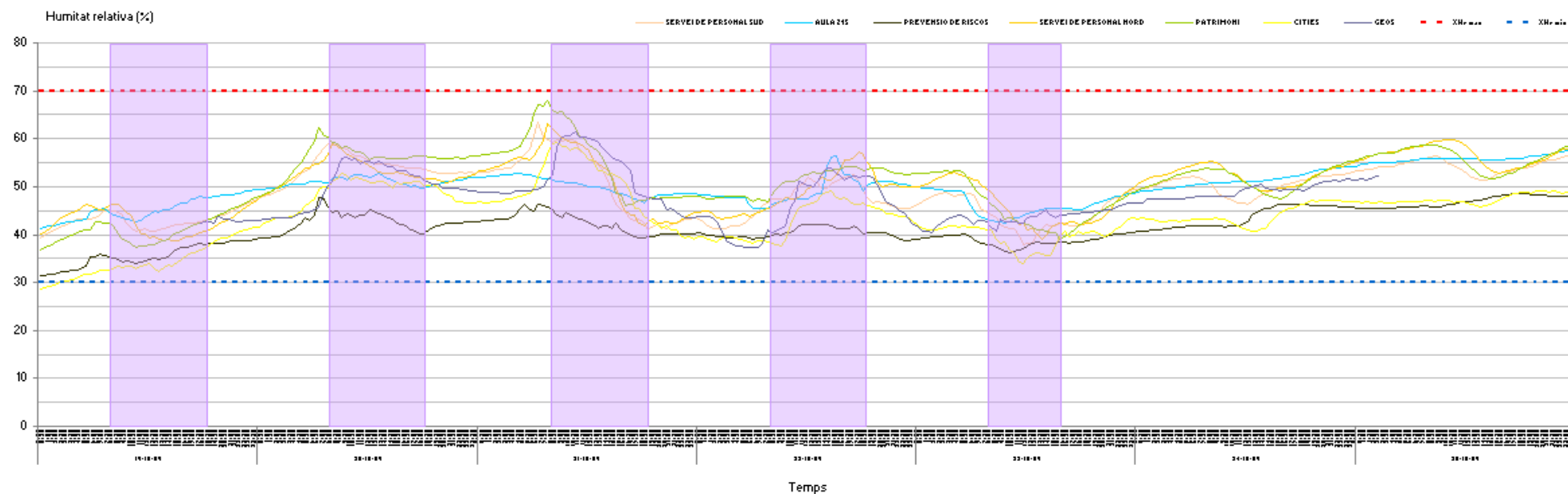


Figura 58. Humedad relativa Semana del 19 al 25 de Octubre de 2009. Fuente: Elaboración propia

Todos los espacios de estudio tienen valores de humedad relativa dentro del rango de confort.

En este caso la humedad no es tan alta, solo en un día de la semana, favoreciendo la sensación térmica al interior de los espacios.

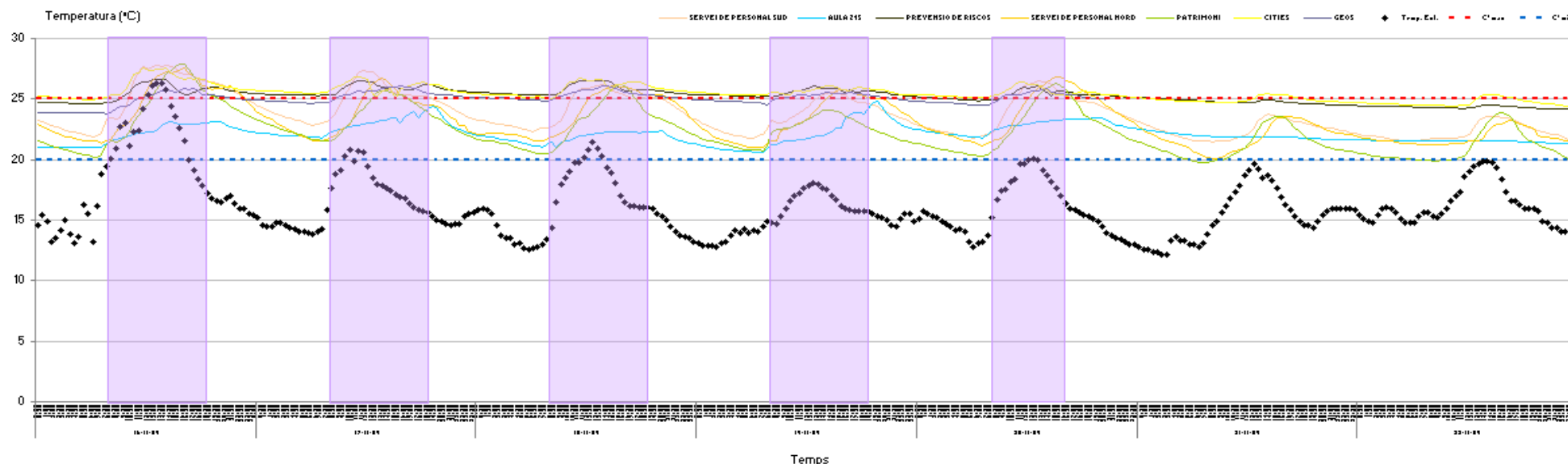


Figura 59. Temperaturas Semana del 16 al 22 de Noviembre de 2009. Fuente: Elaboración propia

El mes de Noviembre tuvo como temperatura promedio $14,7^{\circ}\text{C}$. Durante el mes se presentaron temperaturas entre los $6,6$ y los 26 grados, estando casi siempre por debajo del rango de confort fijado durante las horas laborables.

El comportamiento térmico de los espacios es similar al del mes de Octubre, debido a que el edificio se sigue siendo climatizado naturalmente sacándole provecho a las bajas temperaturas del exterior. En esta semana se presentaron temperaturas más altas el día lunes, pero el comportamiento del edificio no cambió respecto a los otros días en los cuales la temperatura exterior disminuyó 5 grados aproximadamente. Se puede concluir que este día se climatizaron los espacios.

Todos los espacios presentan oscilaciones similares a las de la temperatura exterior, incluyendo el Aula, la cual esta siendo climatizada naturalmente también.

Durante el fin de semana, las temperaturas bajan notablemente aproximándose a la temperatura exterior, como consecuencia aumenta el consumo de gas debido a que será necesaria la puesta en régimen del edificio el lunes de la semana siguiente.

Es importante considerar las horas en que se sobrepasa el límite de 25° de temperatura interior que en muchos casos se presenta durante buena parte de la jornada laboral. Si consideramos que unas condiciones de confort para un período como este se deberían situar alrededor de los 23° , estamos hablando de un sobrecalentamiento importante asociado a un consumo de energía para calefactar innecesario.

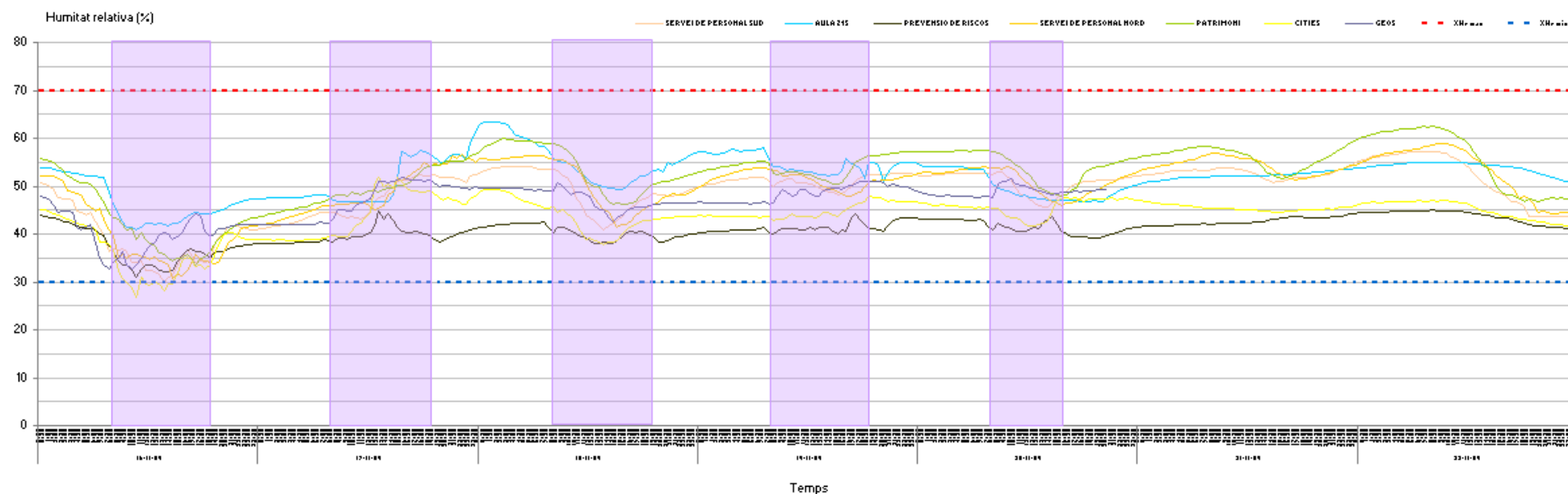


Figura 60. Humedad relativa Semana del 16 al 22 de Noviembre de 2009. Fuente: Elaboración propia

Todos los espacios de estudio tienen valores de humedad relativa dentro del rango de confort.

Debido a que en el exterior se presentan temperaturas mas bajas, la sudoración de las personas baja, haciendo que baje la humedad también.

En este caso, se ve reflejado que el lunes se climatizaron los espacios al tener una humedad relativa mas baja.

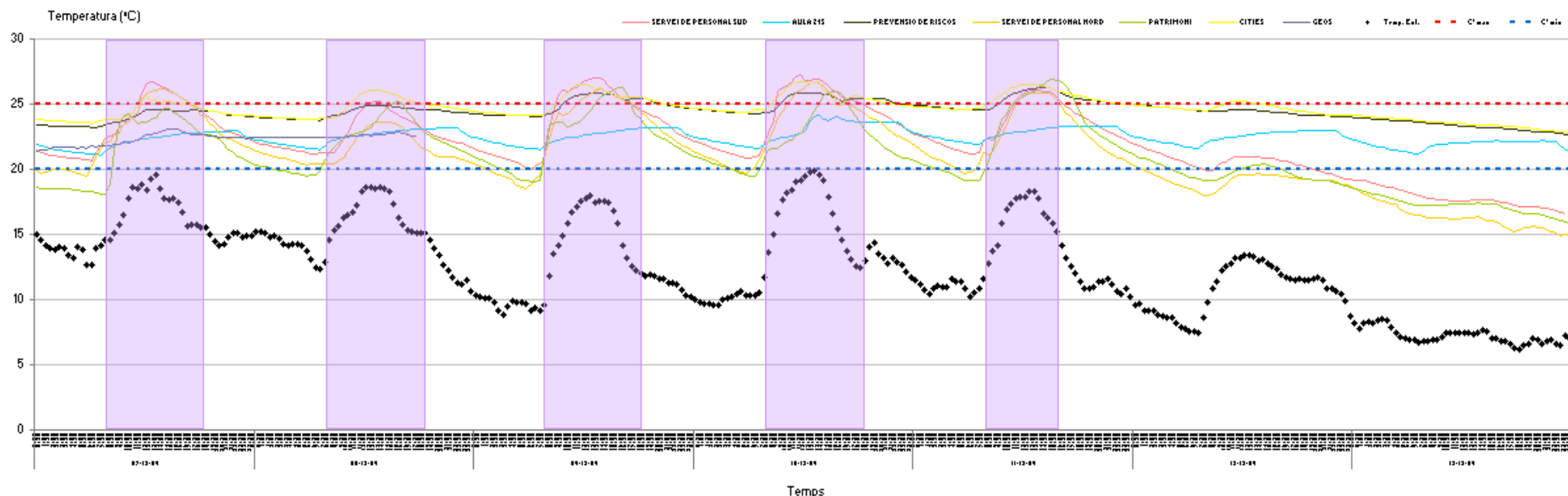


Figura 61. Temperaturas Semana del 7 al 13 de Diciembre de 2009. Fuente: Elaboración propia

El mes de Diciembre tuvo como temperatura promedio 10,5 °C. Durante el mes se presentaron temperaturas entre los 0 y los 21,6 grados, estando casi siempre por debajo del rango de confort fijado durante las horas laborales.

El Aula, CITIES, GEOS y Prevenció de Riscos presentan temperaturas más estables que Servei de Patrimoni y Servei de Personal, que presentan oscilaciones similares a las de la temperatura exterior.

Esto se debe a su localización, tienen contacto directo con la cubierta, permitiendo tener mas perdidas, respecto a los demás espacios.

Servei de patrimoni y Servei de personal presentan un cambio de comportamiento durante el fin de semana, aunque las temperaturas al interior continúen siendo superiores a la temperatura exterior, se encuentran por debajo del limite de 25° que como se ha comentado es excesivo para este periodo del año, siguiendo el comportamiento de la temperatura exterior.

Los espacios demás espacios siguen teniendo temperaturas dentro del rango de confort, casi 15 grados por encima de la temperatura exterior. Podría concluirse que estos continúan siendo climatizados y no necesitaran una puesta en régimen al comenzar la siguiente semana. Nuevamente se observa sobrecalentamiento importante asociado a un consumo de energía para calefactar innecesario.

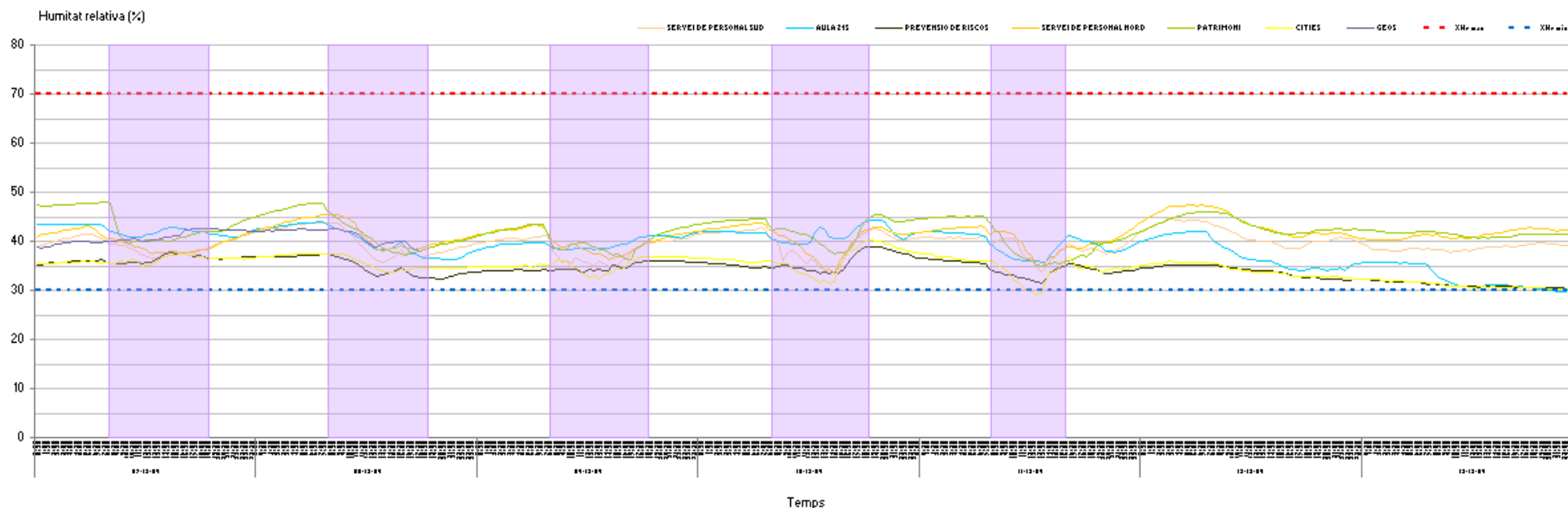


Figura 62. Humedad relativa Semana del 7 al 13 de Diciembre de 2009. Fuente: Elaboración propia

Todos los espacios de estudio tienen valores de humedad relativa dentro del rango de confort.

Gracias a la climatización, los valores de humedad relativa son un poco más estables que en los meses anteriores. En algunos espacios, los valores son bajos y esto puede crear condiciones incomodas al interior de estos, creando espacios muy secos.

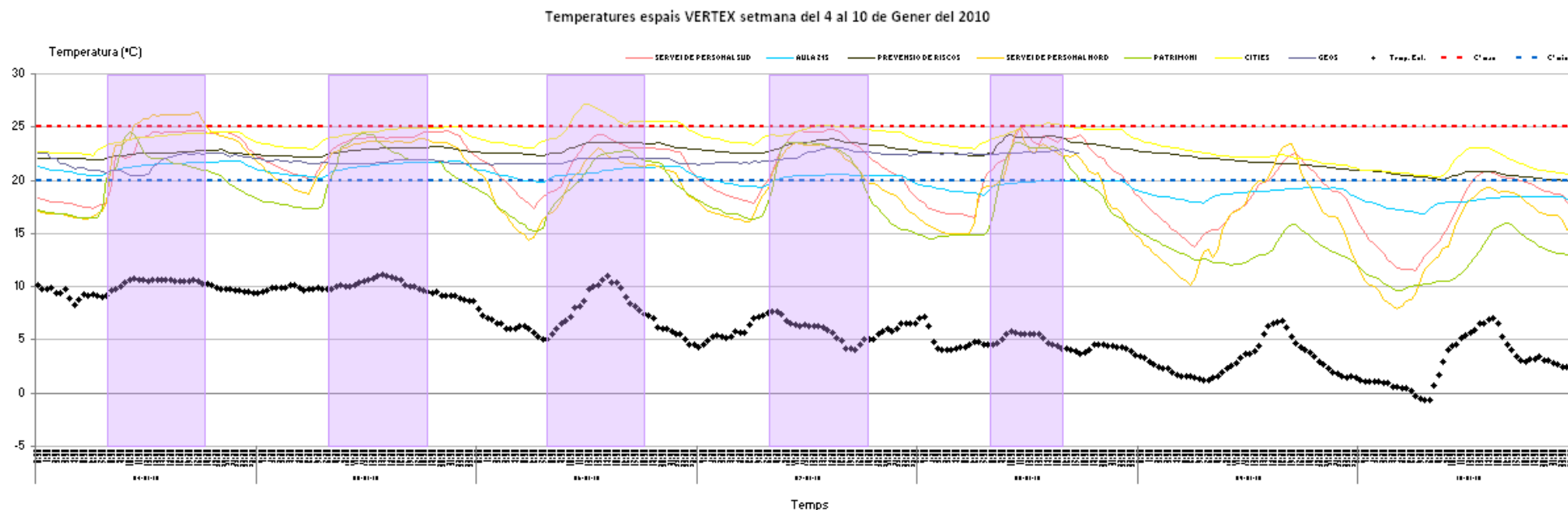


Figura 63. Temperaturas Semana del 4 al 10 de Enero de 2010. Fuente: Elaboración propia

El mes de Enero tuvo como temperatura promedio 8,5 °C. Durante el mes se presentaron temperaturas entre los -0,7 y los 16,4 grados, estando siempre por debajo del rango de confort teórico de 25° durante las horas laborales.

Debido a las temperaturas exteriores tan bajas, los espacios deben ser climatizados. CITIES, GEOS, Prevenció de riscos laborals y el Aula, presentan temperaturas más estables durante la semana estando siempre dentro del rango de confort en las horas laborales excepto el CITIES que en algunos casos presenta temperaturas mayores al rango de confort.

Servei de personal y Servei de patrimonio presentan temperaturas con oscilaciones mas pronunciadas que las de la temperatura exterior, teniendo temperaturas que están por fuera del limite inferior del rango de confort en las horas de la mañana. Estos dos espacios presentan temperaturas variables ya que tienen contacto directo con la cubierta, al estar localizados en último piso.

Durante el fin de semana las temperaturas de los espacios bajan 5 grados aproximadamente, manteniéndose siempre por encima de la temperatura exterior.

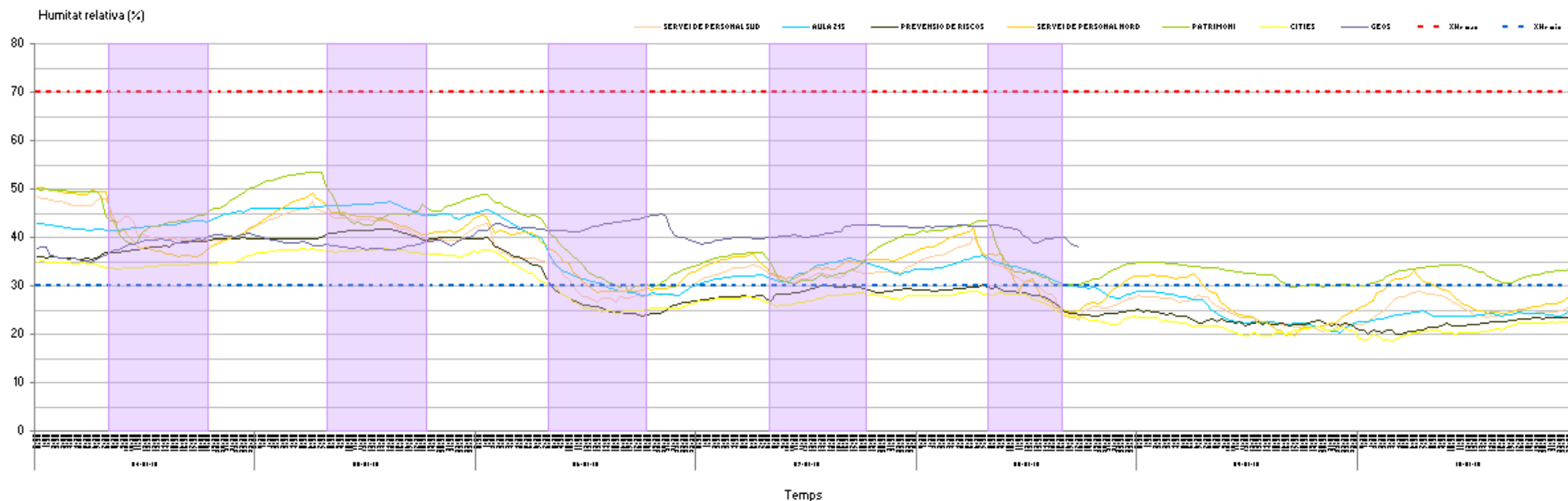


Figura 64. Humedad relativa Semana del 4 al 10 de Enero de 2010. Fuente: Elaboración propia

Durante las horas laborables, algunos de los espacios de estudio tienen valores de humedad relativa dentro del rango de confort. Al final de la semana, El CITIES, Servei de prevenció de riscos, Servei de personal y el aula presentan valores de humedad relativa por debajo del valor mínimo del rango de confort, debido al sistema de climatización.

Durante todo el fin de semana, todos los espacios excepto Servei de personal, tienen valores de humedad relativa por debajo del rango de confort. Esto se debe a que el edificio continúa siendo climatizado, y al no tener ocupación que suba los niveles de humedad relativa, esta baja notablemente.

2. Fase 2. Análisis

Para de realizar el diagnostico del edificio, es necesario analizar los datos obtenidos en la fase 1, con el objetivo de identificar los fallos principales en el funcionamiento del edificio y a partir de estos proponer mejoras para la reducción del consumo energético.

2.1 Análisis de la demanda térmica y los sistemas de climatización

2.1.1 Análisis de la calidad de la envolvente

Uno de los parámetros que permite valorar la calidad de la envolvente térmica, es su grado de aislamiento. En este caso se ha optado por el análisis de los coeficientes de transmitancia térmica de los diferentes cerramientos del edificio.

A continuación comparamos los valores de transmitancia térmica U (W/m^2K) exigida por del Código Técnico de la Edificación, Los valores obtenidos en el documento de referencia ya citado PFC de Cristina Ribó que analizó también estos valores y los que se han obtenido en este trabajo producto de la simulación de la demanda energética del edificio con la herramienta informática LIDER asociada al cumplimiento de la normativa de edificación actual (Código Técnico de la Edificación)

La transmitancia térmica es la potencia calorífica que pasa por un metro cuadrado de cerramiento, cuando entre los aires de una y otra parte hay una diferencia de temperatura de $1^{\circ}C$.⁴

Cuanto mayor es el valor de U , mas rápido se transfiere el calor de los cerramientos al espacio.

| ELEMENTO | U = CTE | U = PFC | U = LIDER |
|--------------------|---------|---------|-----------|
| Muros fachada | 0,95 | 0,46 | 0,58 |
| Muros divisorios | 1 | 1,82 | 1,73 |
| Muros pantalla | 0,95 | 0,95 | 0,92 |
| Cubierta invertida | 0,53 | 0,48 | 0,48 |
| Cubierta | 0,53 | 0,42 | 0,43 |
| Forjado interior | 0,65 | 1,68 | 2,2 |
| Forjado Parking | 0,65 | 0,65 | 0,66 |
| Ventanas | 4,4 | 3,1 | 3,1 |

Tabla 17. Comparación valores transmitancia térmica

Fuente: Elaboración propia

Aunque el edificio fue construido hace mas de 10 años y se aplicaba otra normativa edificatoria, la mayoría de los cerramientos del edificio presentan valores similares o menores a los exigidos por la normativa actual el CTE, excepto los muros divisorios y el forjado interior, presentando valores mayores a $1 W/m^2K$ y $0,65 W/m^2K$ respectivamente, que aunque son mayores que los valores exigidos por el CTE, no son valores tan altos como para generar malas condiciones de confort al interior de los espacios.

⁴ Arquitectura y energía natural, Rafael Serra Florensa y Helena Coch Roura, Ediciones UPC 1995.

2.1.2 Análisis del asoleamiento de las fachadas del edificio

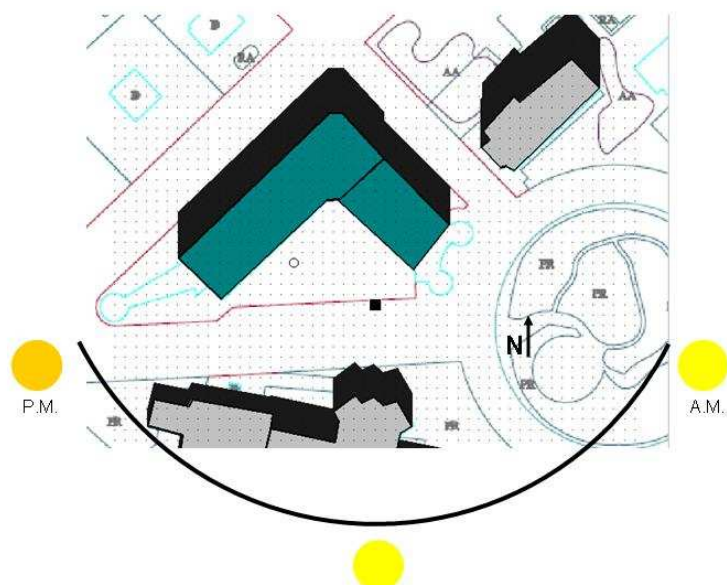


Figura 65. Trayectoria solar. Fuente: Elaboración propia

Las fachadas sureste y suroeste reciben mayor radiación solar que las fachadas noreste y noroeste.

Por esta razón, en los espacios del ala occidental, varían las temperaturas en las diferentes fachadas.

Los espacios del ala oriental reciben radiación solar en la mañana y en la tarde presentando mayores temperaturas, debido a la cantidad de energía solar recibida en el transcurso del día.

Se realizó un estudio de las horas de sol que reciben las fachadas de los diferentes espacios de estudio del edificio, utilizando la carta estereográfica del programa Heliodón, con el objetivo de identificar los meses en los cuales es necesario utilizar los sistemas de protección solar.

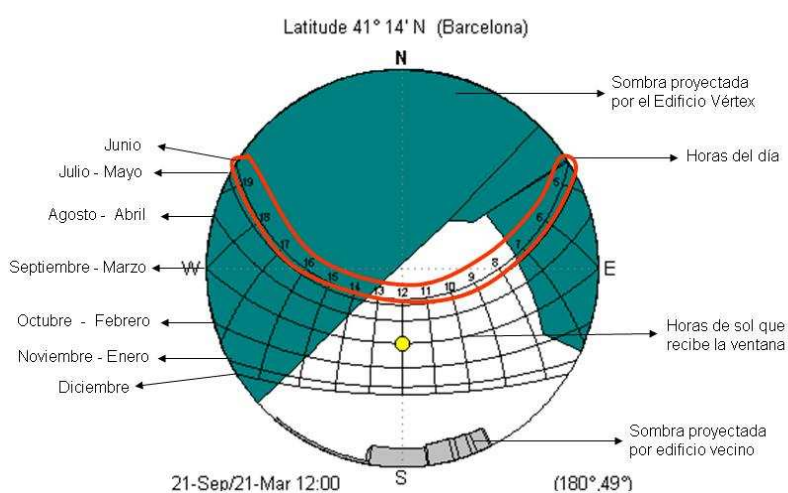
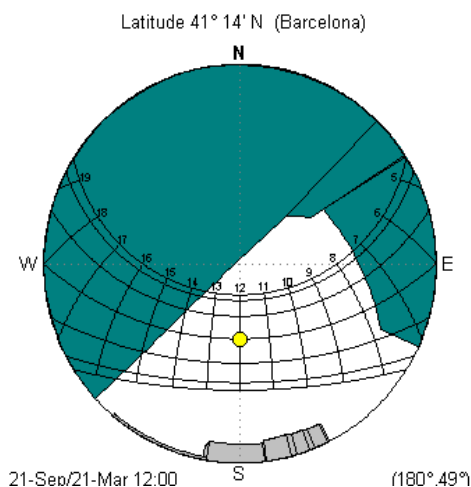


Figura 66. Explicación carta estereográfica
Fuente: Elaboración propia

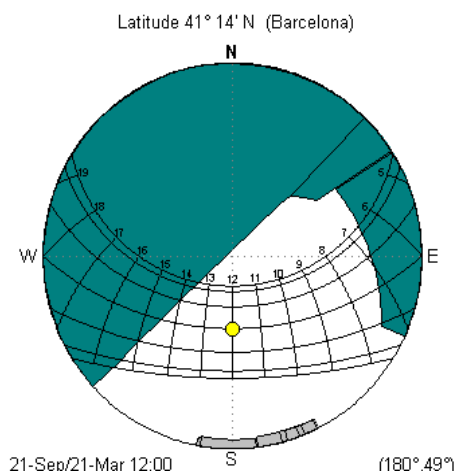
La carta estereográfica es un diagrama del recorrido del sol, que muestra la bóveda celeste proyectada sobre un plano paralelo al horizonte.

En los diagramas resultantes, la línea del horizonte aparece como un círculo y el recorrido solar como una sucesión de curvas, siempre en relación con el método de proyección y la propia latitud.⁵



El CITIES, ubicado en la fachada SurOeste en la planta +1, recibe sol durante todo el año en las horas de la mañana, de 8 a 13h, en las horas de la tarde, hasta las 15h, Enero, Febrero, Octubre, Noviembre y Diciembre.

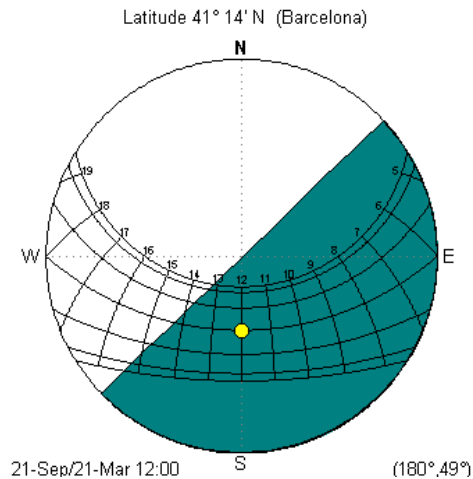
En los meses de invierno se puede sacar provecho de la energía térmica recibida para ayudar a calentar los espacios, en los meses de verano será necesario utilizar sistemas de protección solar.



Prevenció de riscos laborals, ubicado en la fachada SurOeste en la planta +2 recibe sol durante todo el año en las horas de la mañana, de 8 a 13h, en algunos meses desde las 7h, y en las horas de la tarde, hasta las 15h, Enero, Febrero, Marzo, Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre.

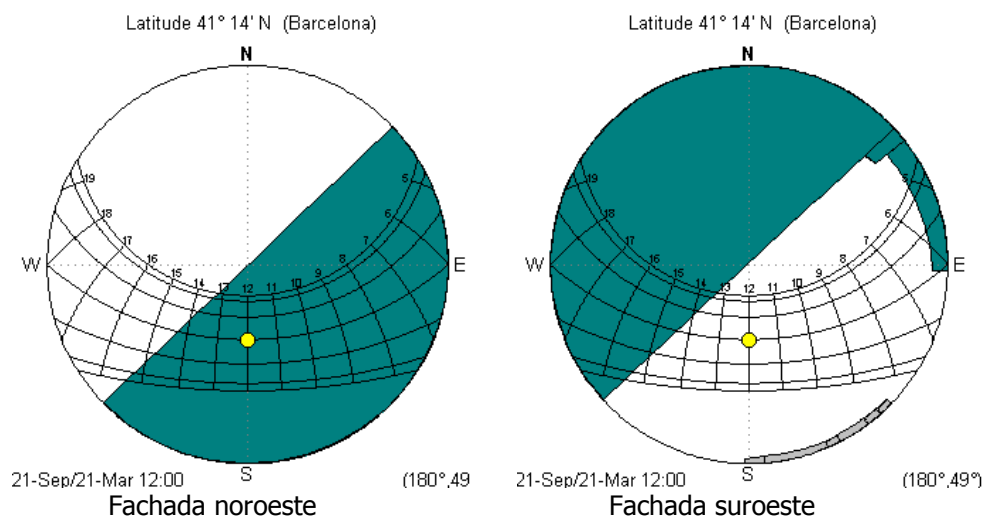
En los meses de invierno se puede sacar provecho de la energía térmica recibida para ayudar a calentar los espacios, en los meses de verano será necesario utilizar sistemas de protección solar para evitar aumentar las cargas de climatización.

⁵ Victor Olgyi, Arquitectura y Clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Editorial Gustavo Gili, 2006.



GEOS, ubicado en la fachada Noroeste en la planta +1, recibe sol solo en las horas de la tarde a partir de las 14h en los meses de Marzo, Abril, Mayo Junio, Julio, Agosto y Septiembre, en los meses restantes recibe sol a partir de las 15h, hora en la que el espacio no esta ocupado en su totalidad.

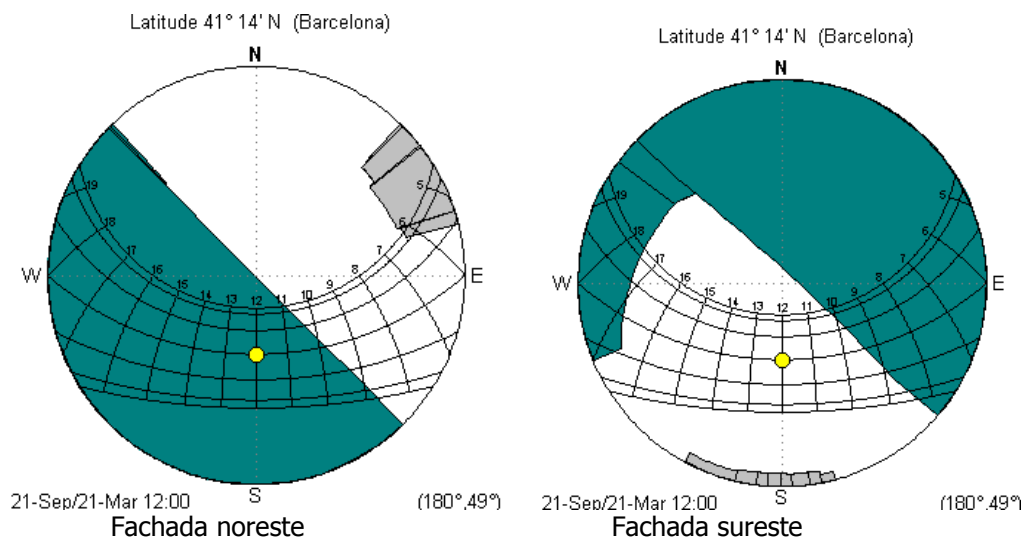
Esto es beneficioso en los meses de verano, cuando no es necesario recibir tanta radiación solar en la mañana para evitar el calentamiento del espacio, pero en los meses de invierno hace que las temperaturas sean mas bajas en las horas de la mañana.



Servei de Personal ubicado en la en la planta +3, tiene las fachadas con orientaciones diferentes.

La fachada Noroeste, recibe sol solo en las horas de la tarde a partir de las 14h en los meses de Marzo, Abril, Mayo Junio, Julio, Agosto y Septiembre, en los meses restantes recibe sol a partir de las 15h, hora en la que el espacio no esta ocupado en su totalidad.

La fachada suroeste, recibe radiación sola durante todo el año desde las 6h hasta las 14h, en los meses de Abril, Mayo, Junio Julio y Agosto hasta las 15h. Esto hace que el espacio presente temperaturas muy altas debido a la carga térmica que recibe a lo largo del día.



Servei de Patrimoni ubicado en la en la planta +3, tiene las fachadas con orientaciones diferentes.

La fachada Noreste, recibe sol solo en las horas de la mañana hasta las 9h, en los meses de Marzo, Abril, Mayo Junio, Julio, Agosto y Septiembre hasta las 10 – 11h.

La fachada sureste, recibe radiación solar durante todo el año desde las 10h hasta las 17h, casi todas las horas de la jornada laboral.

En invierno es una ventaja debido a que la radiación solar ayuda a calentar el espacio a lo largo del día, pero en verano no trae tantos beneficios, ya que aumenta la carga de la climatización.

2.1.3 Análisis de la demanda necesaria

La aplicación LIDER (Limitación de la Demanda Energética) es una herramienta informática que permite verificar si se cumplen las exigencias de la envolvente térmica especificadas en el CTE (Código técnico de la Edificación).

La verificación se realiza mediante la comparación del edificio objeto (edificio Vértex) y el edificio de referencia, que es un edificio creado con las mismas características del edificio objeto.

Para cumplir con las exigencias, la demanda energética del edificio objeto debe ser menor que la del edificio de referencia.

En el momento de realizar la simulación con LIDER se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros:

- **Zonificación:** Con el objetivo de reducir las zonas del proyecto en LIDER, se agruparon los espacios que tuvieran similitudes en el uso, en la orientación y en los sistemas de climatización.

Los espacios de estudio no se agruparon, se analizaron independientemente con el objetivo de obtener datos más precisos.

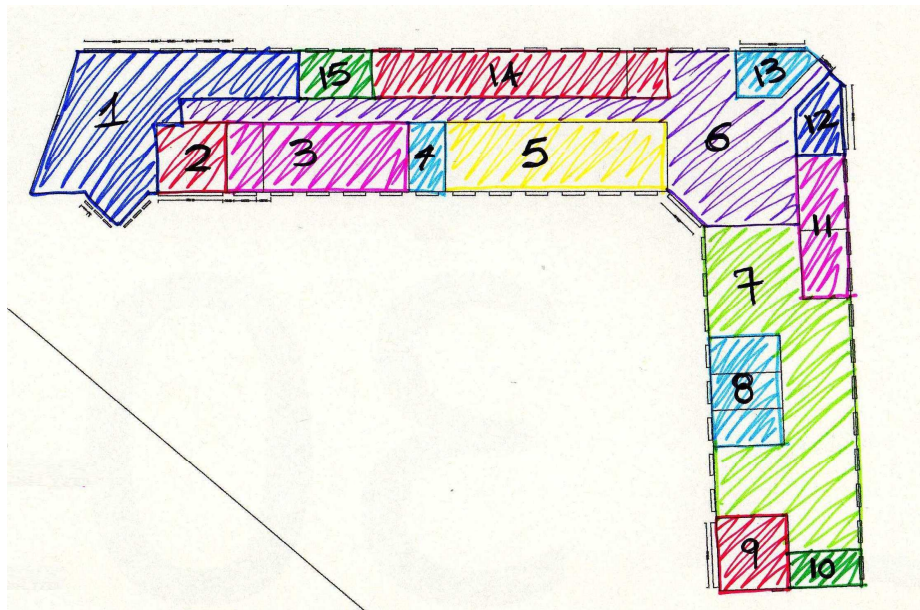


Figura 67. Zonificación espacios LIDER planta nivel 2
Fuente: Elaboración propia

- Cargas internas: Las cargas internas están determinadas por la cantidad de equipos utilizados en cada espacio y las horas de uso de estos. Estas cargas tienen una gran influencia en el comportamiento térmico de los espacios teniéndolas en cuenta como aportes energéticos para el sistema de calefacción y como pérdidas en el sistema de refrigeración.

| CARGAS INTERNAS | |
|--------------------------|-----------|
| Aulas | Media 12h |
| Aulas informáticas | Alta 12h |
| Despachos | Alta 8h |
| Salón de actos | Alta 8h |
| Pasillos y zonas comunes | Baja 24h |

Tabla 18. Cargas internas según uso
Fuente: Elaboración propia

- Renovación de aire: La renovación de aire varía según la ocupación del espacio y su área. Estas renovaciones son fundamentales para garantizar buenas condiciones de confort al interior de los espacios.

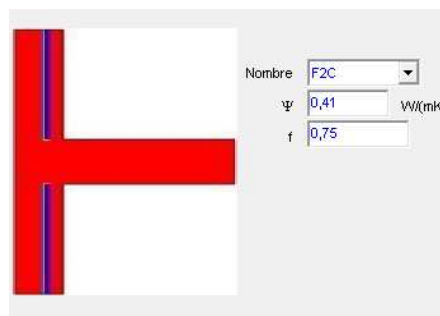
| RENOVACION DE AIRE | |
|--------------------------|---------|
| Aulas | 7 m/s |
| Aulas informáticas | 7 m/s |
| Despachos | 1,5 m/s |
| Salón de actos | 4 m/s |
| Pasillos y zonas comunes | 1 m/s |

Tabla 19. Renovación de aire según uso
Fuente: Elaboración propia

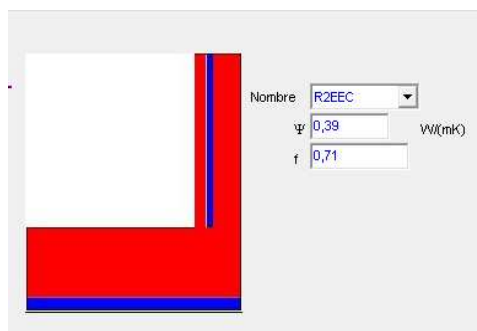
- Puentes térmicos: Se consideran puentes térmicos las zonas de la envolvente del edificio en las que se evidencia una variación de la uniformidad de la construcción, ya sea por un cambio del espesor del cerramiento, de los materiales empleados, por penetración de elementos constructivos con

diferente conductividad, etc., lo que conlleva necesariamente una minoración de la resistencia térmica respecto al resto de los cerramientos. Los puentes térmicos son partes sensibles de los edificios donde aumenta la posibilidad de producción de condensaciones superficiales, en la situación de invierno o épocas frías⁶.

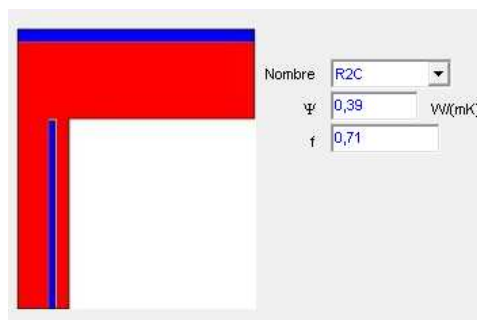
Los puentes térmicos formados por el encuentro de cerramientos utilizados fueron los siguientes:



Encuentro forjado con fachada



Encuentro suelo exterior con fachada



Encuentro cubierta con fachada

⁶ CTE, Documento básico HE Ahorro de energía.

Imágenes del edificio:

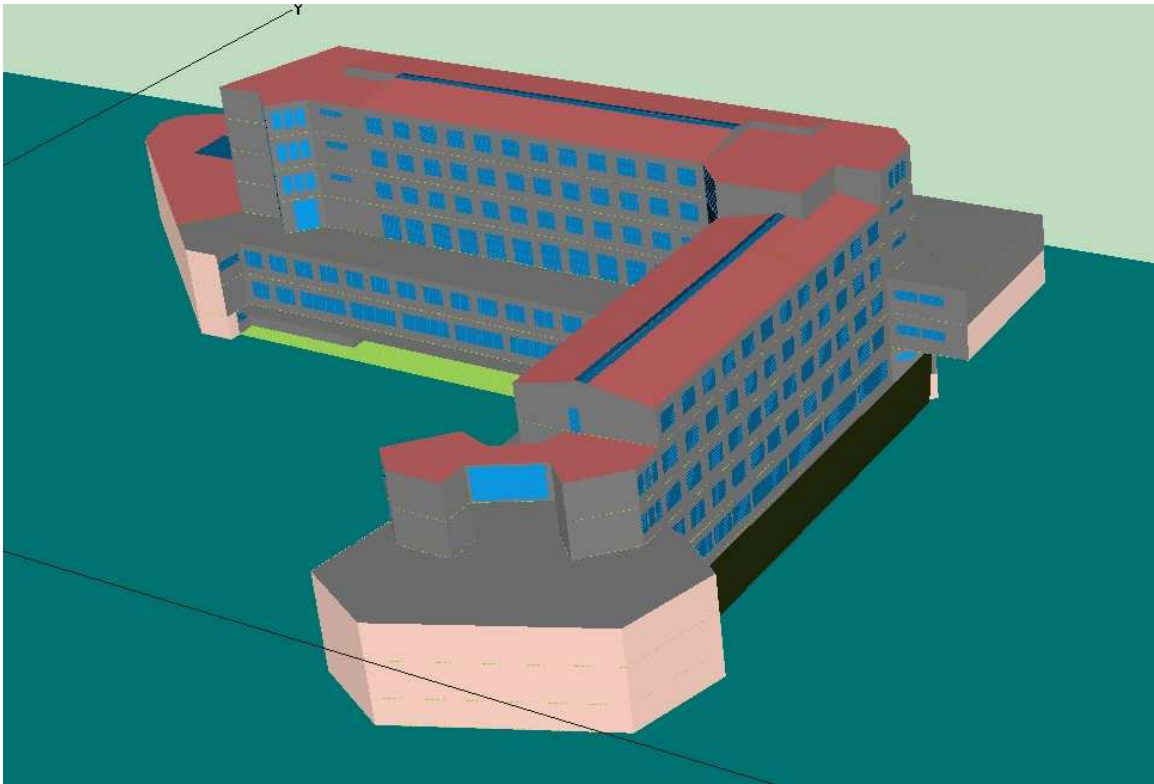


Figura 68. Vista general del edificio - LIDER
Fuente: Elaboración propia

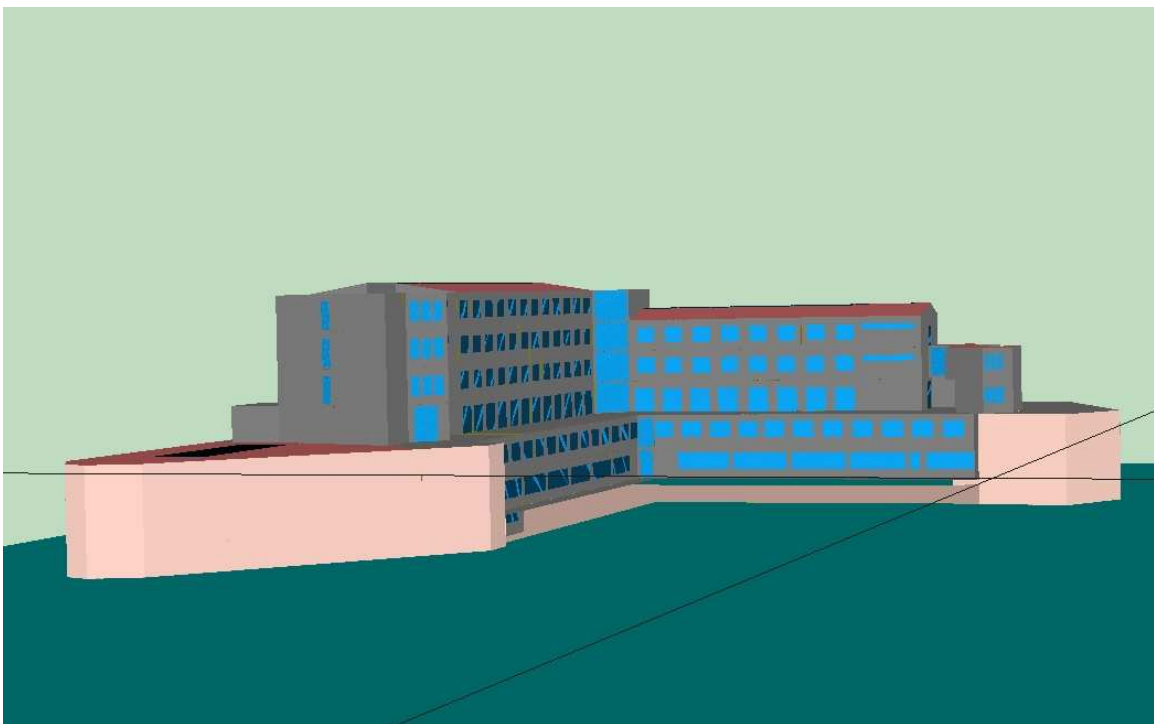


Figura 69. Vista general del edificio - LIDER
Fuente: Elaboración propia

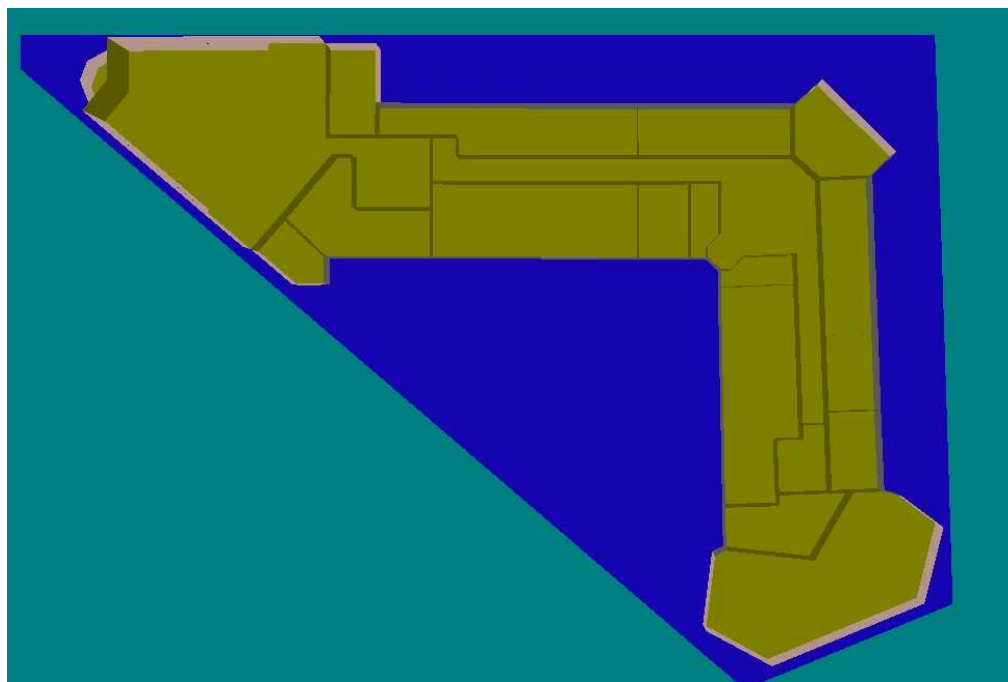


Figura 70. Vista en planta del edificio – LIDER. Fuente: Elaboración propia

Resultados LIDER:

Además de comparar el edificio Vértex con el edificio de referencia, los resultados de LIDER nos proporcionan los valores de climatización total del edificio, la climatización mes a mes del edificio y de cada una de las zonas, el balance de los materiales, los puentes térmicos, la infiltración, los aportes solares, la transmisión de las ventanas y las fuentes internas.

Los resultados generales obtenidos fueron los siguientes:

| | Calefacción | Refrigeración |
|---|-------------|---------------|
| % de la demanda de Referencia | 91,8 | 98,3 |
| Proporción relativa calefacción refrigeración | 75,8 | 24,2 |

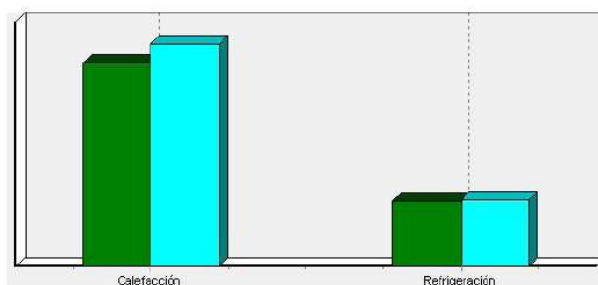


Figura 71. Resultados LIDER
Fuente: Elaboración propia

Si comparamos las cargas de climatización necesarias para los dos edificios, el Vértex y el edificio de referencia, encontramos que el edificio Vértex presenta una demanda de calefacción menor al edificio de referencia y una demanda de refrigeración igual al edificio de referencia. Esto le permitiría cumplir teóricamente con las exigencias actuales de la normativa edificatoria.

La demanda de calefacción es mayor que la de refrigeración, siendo casi tres veces mayor.

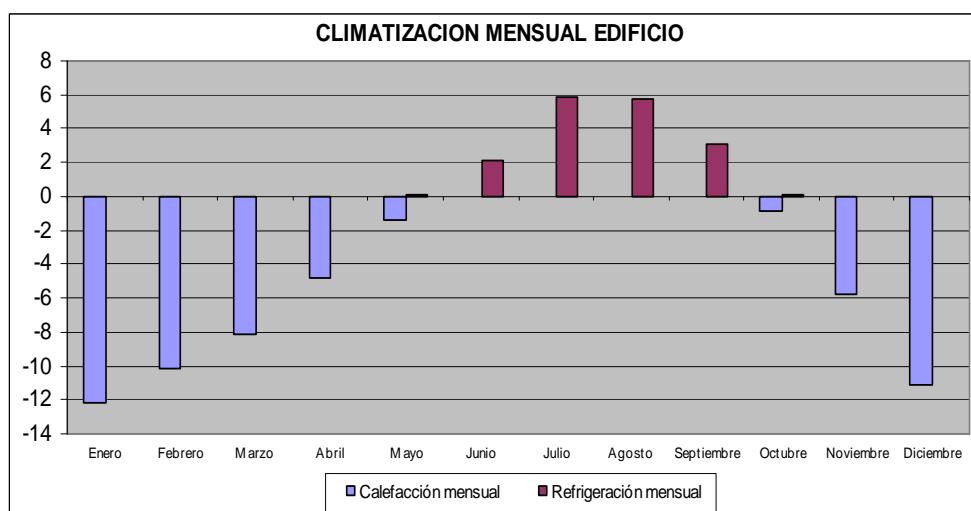


Figura 72. Climatización mensual edificio. Fuente: Elaboración propia

El edificio requiere calefacción en los meses de Enero, Febrero, Marzo, Abril, Noviembre y Diciembre, meses en los cuales las calderas estarán en marcha.

La demanda de refrigeración se presenta en los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre, durante el verano período en el cual las refrigeradoras se pondrán en funcionamiento.

Tiene una demanda doble, de calefacción y refrigeración, en los meses de Mayo y Octubre, meses en los cuales las calderas y las refrigeradoras estarán en funcionamiento según la demanda del usuario.

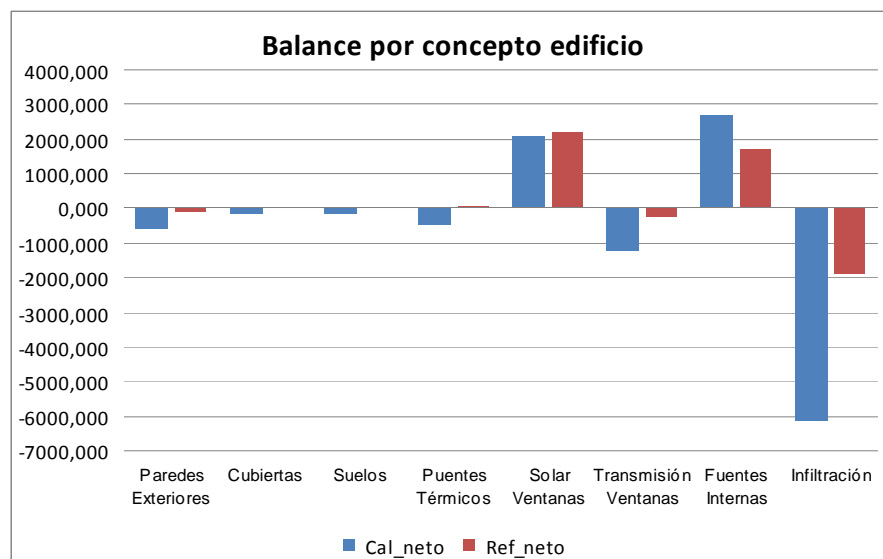


Figura 73. Balance por concepto. Fuente: Elaboración propia

La temperatura interior de los espacios esta influenciada por las cargas internas y los cerramientos del edificio los cuales transmiten las ganancias térmicas a lo largo del día, o permiten pérdidas de la temperatura al interior.

El edificio presenta ganancias térmicas, en calefacción y refrigeración, a través de las ventanas y por la infiltración a través de las mismas ventanas y derivada de la mala calidad constructiva de algún cerramiento.

Las ganancias térmicas por transmisión de las ventanas son favorables en los meses en los cuales se necesita calefacción, es energía térmica que ayuda a calentar los espacios. En los meses de verano estas ganancias ya no son favorables, calientan aun más los espacios aumentando la carga necesaria de refrigeración.

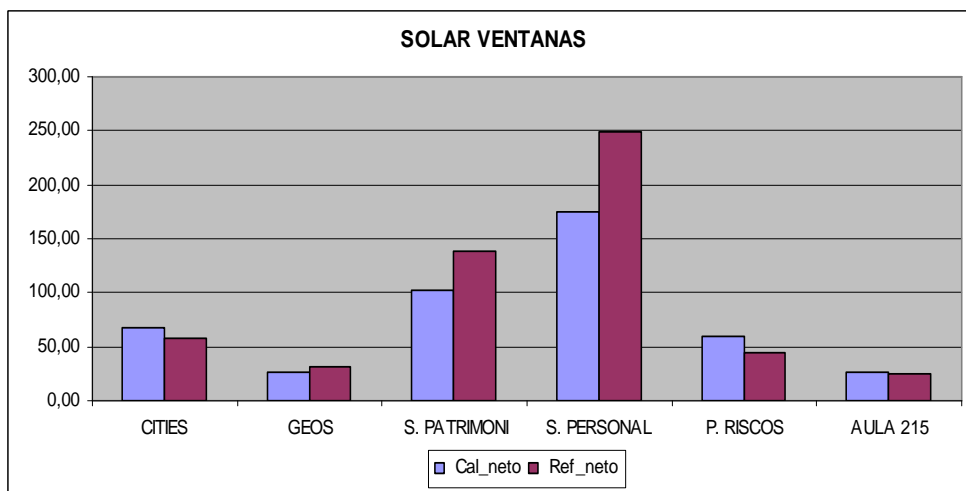


Figura 74. Aportes solares. Fuente: Elaboración propia

Todos los espacios cuentan con aportes solares, debido a la disposición de las aberturas que tiene el edificio.

Servei de Patrimoni y Servei de Personal, son los espacios con mayores aportes solares, debido a que tienen dos fachadas exteriores y a la presencia de claraboyas en la cubierta de los dos espacios.

CITIES y Servei de Prevencio de Riscos tienen ganancias similares ya que tienen la misma ubicación en el edificio, Suroeste, solo varia la planta en la que están localizados.

GEOS y el aula, son los espacios con ganancias menores, debido a la poca radiación solar que reciben los dos aunque estén localizados en lugares diferentes del edificio.

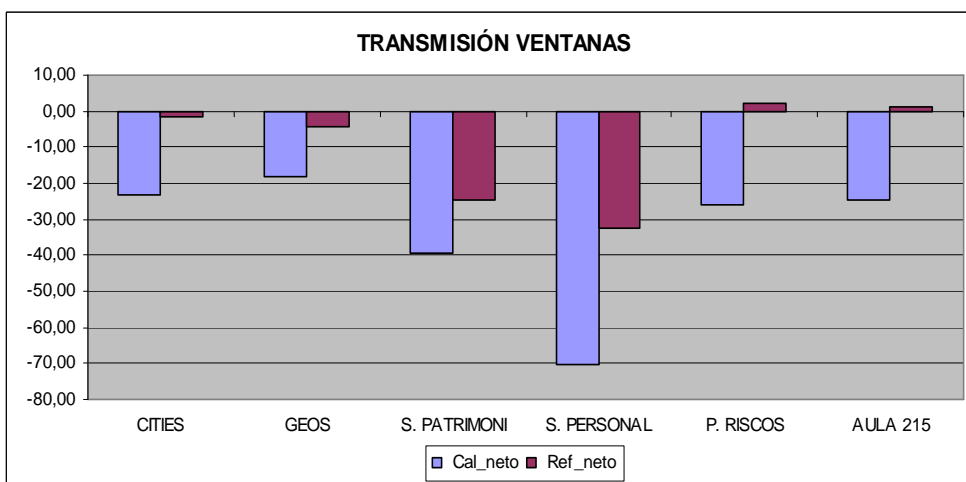


Figura 75. Transmisión ventanas. Fuente: Elaboración propia

En cuanto a refrigeración, todos los espacios tienen pérdidas por transmisión por las ventanas, excepto Servei de prevenció de riscos y el aula 215. Servei de Patrimoni y Servei de Personal presentan las mayores pérdidas debido a que tienen dos fachadas exteriores y a las claraboyas en la cubierta.

En cuanto a la calefacción, todos los espacios tienen pérdidas por transmisión por las ventanas. Los espacios con mayores pérdidas son Servei de Patrimoni y Servei de Personal.

Como consecuencia, estas pérdidas aumentan las cargas de climatización del edificio, en la grafica se puede observar que la mas perjudicada es la carga de calefacción, al presentar pérdidas mayores.

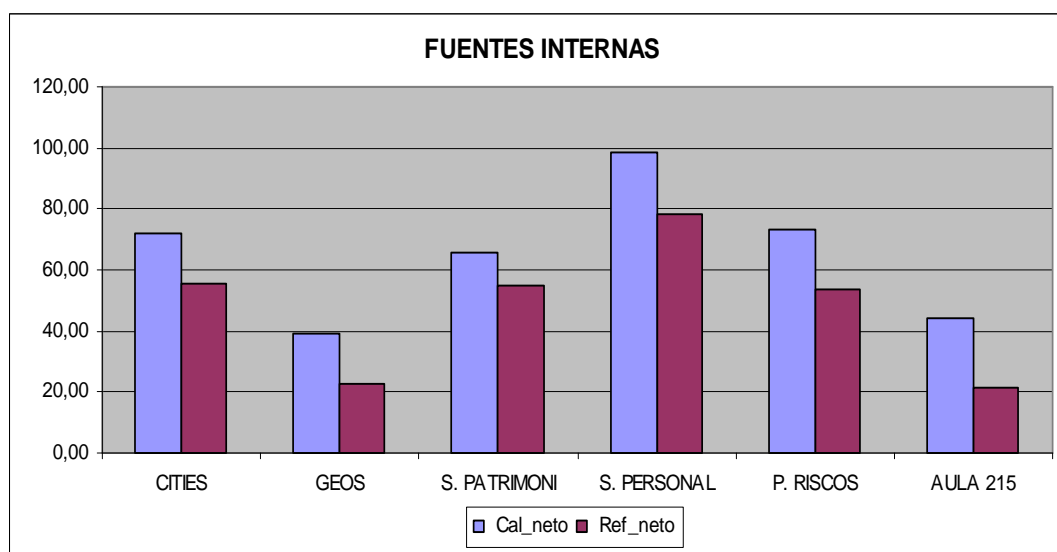


Figura 76. Aportes fuentes internas
Fuente: Elaboración propia

Todos los despachos tienen grandes aportes internos debido a la cantidad de ordenadores que tienen y al uso constante de los estos.

Estos aportes internos pueden aprovecharse en los meses en los cuales se requiere calefacción, colaborando con la climatización de los espacios, pudiendo reducir las cargas de calefacción en algunos casos.

En los meses en los cuales se requiere refrigeración, estos aportes internos se deben tomar como pérdidas en el momento de calcular las cargas de refrigeración, debido a la gran carga térmica que generan, la cual aumenta la temperatura al interior de los espacios.

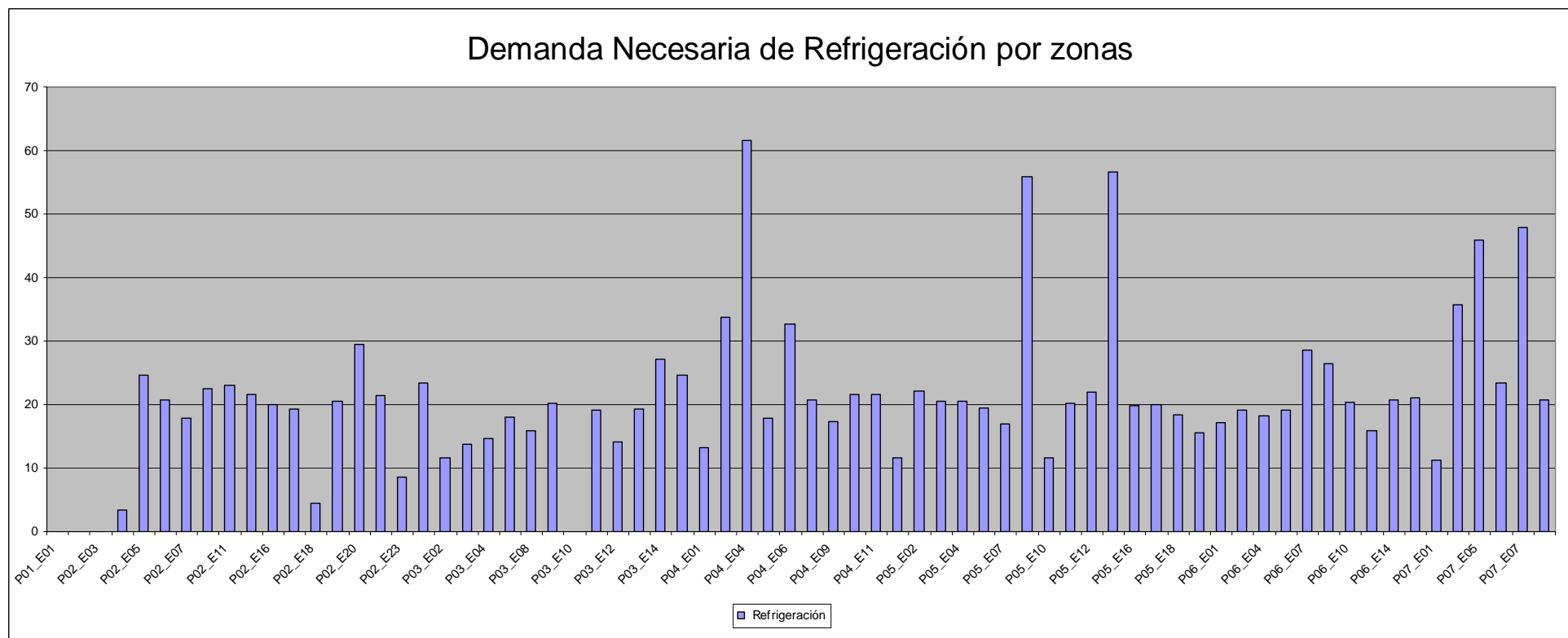


Figura 77. Resultados LIDER. Demanda necesaria de refrigeración por zonas. Fuente: Elaboración propia

Las zonas que presentan mayor demanda de refrigeración son:

- P04 E4 con 61,5 kWh, esto se debe a que es un despacho individual, el cual requiere una mayor carga de climatización comparado con la carga necesaria para un despacho abierto.
- P05 E14 con 56,6 kWh, debido a la radiación solar que la zona común recibe a lo largo del día.
- P05 E9 con 55,9 kWh, debido a que es el despacho "puente" ubicado en la primera planta, el cual recibe radiación solar y tiene más pérdidas que los demás espacios por tener más superficies en contacto con el exterior.

Las zonas P07 07 y P07 05 tienen valores similares, presentan 47,9 kWh y 45,9 kWh respectivamente. Son despachos individuales que tienen las mismas condiciones que la zona P04 E4

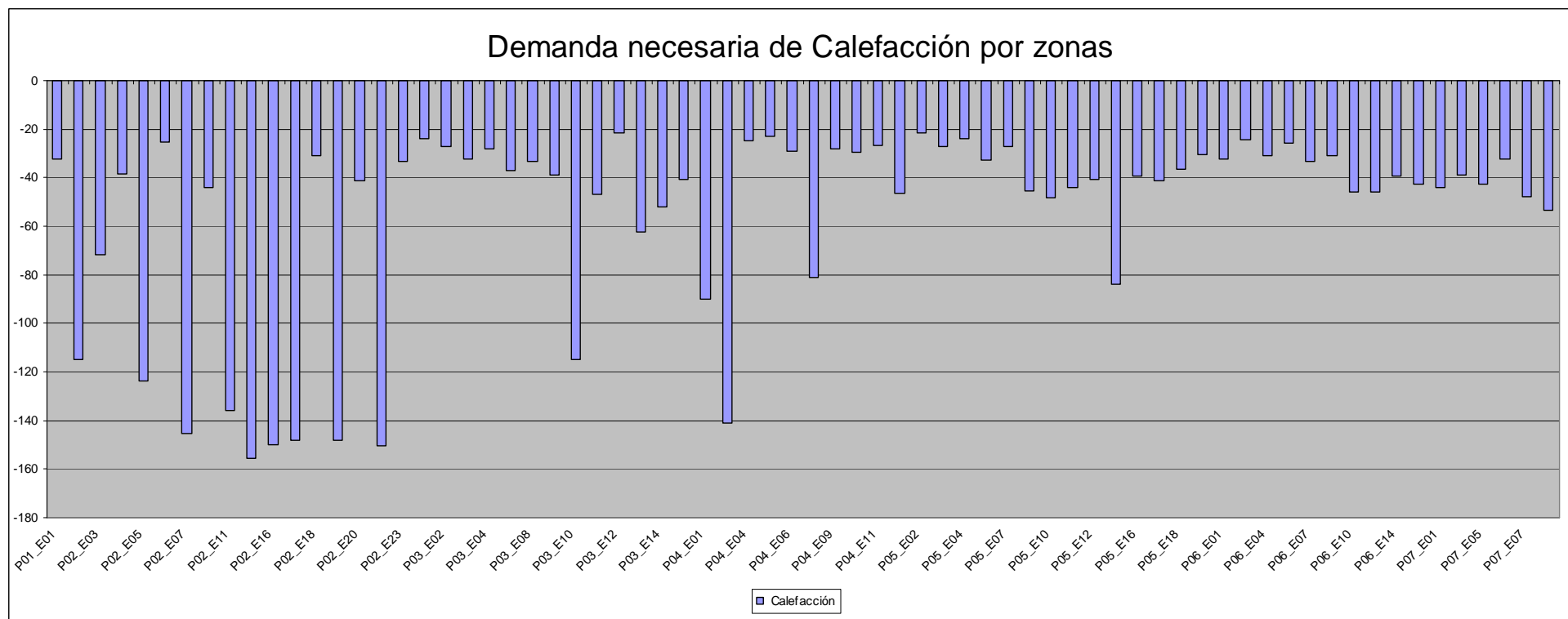


Figura 78. Demanda necesaria de calefacción por zonas. Fuente: Elaboración propia

Las zonas que presentan mayor demanda de refrigeración son las aulas ubicadas en el sótano 2, planta 2 en LIDER, con un valor aproximado de 150 kWh, las cuales además de tener una alta renovación de aire por su ocupación, tienen menor radiación solar. Esto hace que aumente la demanda necesaria de calefacción.

También tienen una alta demanda necesaria de calefacción las áreas P04 03 el bar con 141,12 kWh, P03 E010 Aula Master con 114,11 kWh, P04 E01 vestíbulo del auditorio con 90 kWh, P05 E14 zonas comunes con 84 kWh y P04 E07 Conserjería y registro con 81 kWh.

2.1.4 Análisis de la potencia térmica disponible

Con el objetivo de conocer la potencia máxima que puede suministrar la instalación del edificio, se consideran las potencias nominales de los aparatos de climatización, instalados en los diferentes espacios, para obtener la demanda disponible por plantas.

La potencia térmica disponible total del edificio es de 1533,43 kW. Se tomaron cuatro rangos de potencia térmica disponible, desde los 0 kW hasta los 410 kW, identificados con diferentes colores con el objetivo de obtener una comparación gráfica de los valores de potencia térmica disponible por planta.

En la siguiente gráfica se presenta de forma resumida la potencia térmica disponible por planta considerando de forma conjunta la calefacción y la refrigeración.

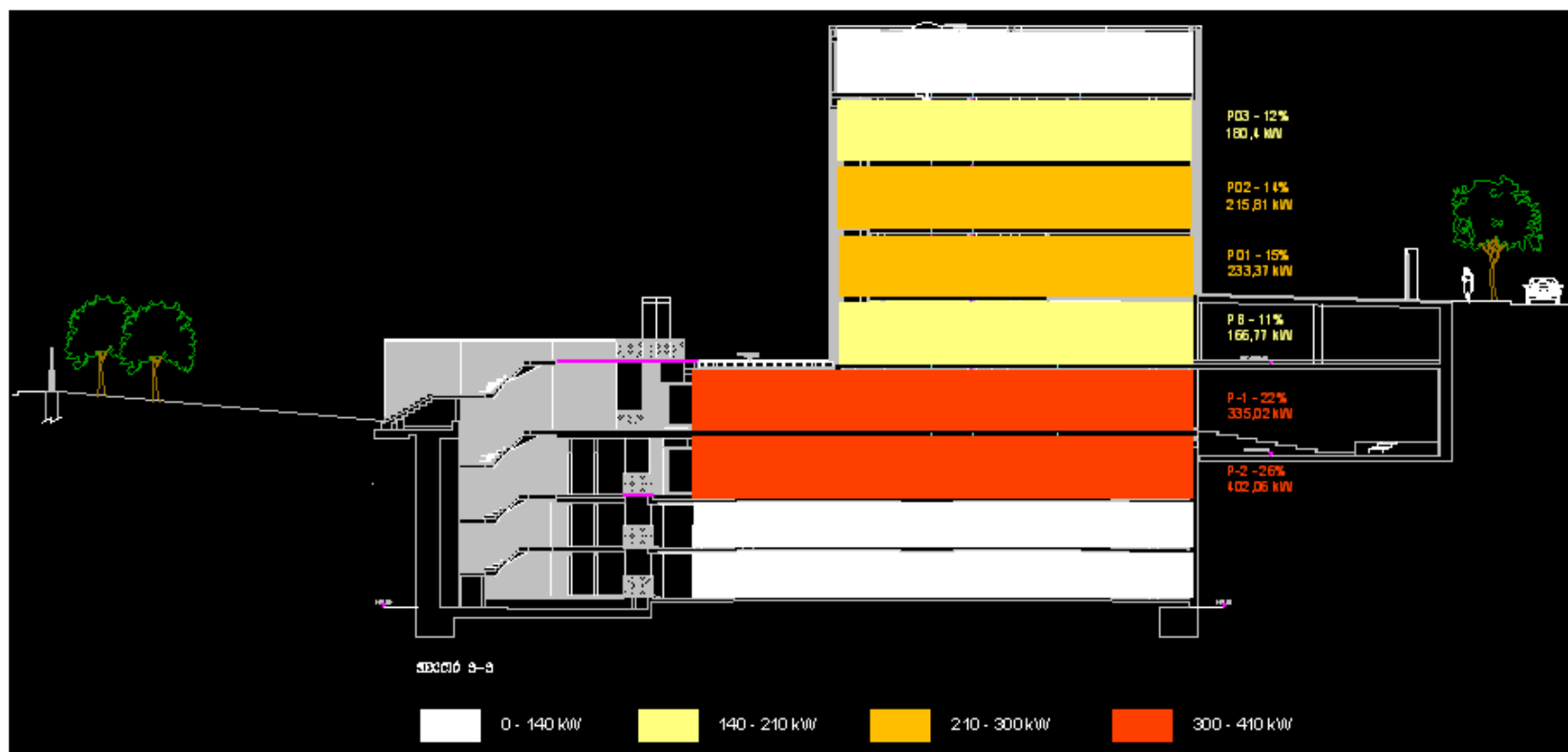


Figura 79. Potencia térmica disponible por plantas. Fuente: Elaboración propia

Las plantas con mayor potencia térmica disponible son el sótano 1 y 2, representan el 22 y 26% respectivamente, del total de la potencia térmica disponible del edificio.

Esto se debe a su ubicación en el sótano, y a su uso mayoritariamente aulas, las cuales necesitan mayores cargas de climatización al ser ocupadas por un gran número de personas.

Las plantas 1 y 2, representan el 15 y 14% respectivamente, del total de la potencia térmica disponible del edificio. Estas presentan valores altos debido a que su uso original era el de aulas teóricas.

La planta baja y la planta 3 representan el 11 y 12% respectivamente del total de la potencia térmica disponible del edificio. Esto se debe a su uso, despachos y servicios complementarios, los cuales tienen una ocupación menor a las aulas.

También se evaluó la potencia térmica disponible de calefacción y refrigeración, por separado, por planta

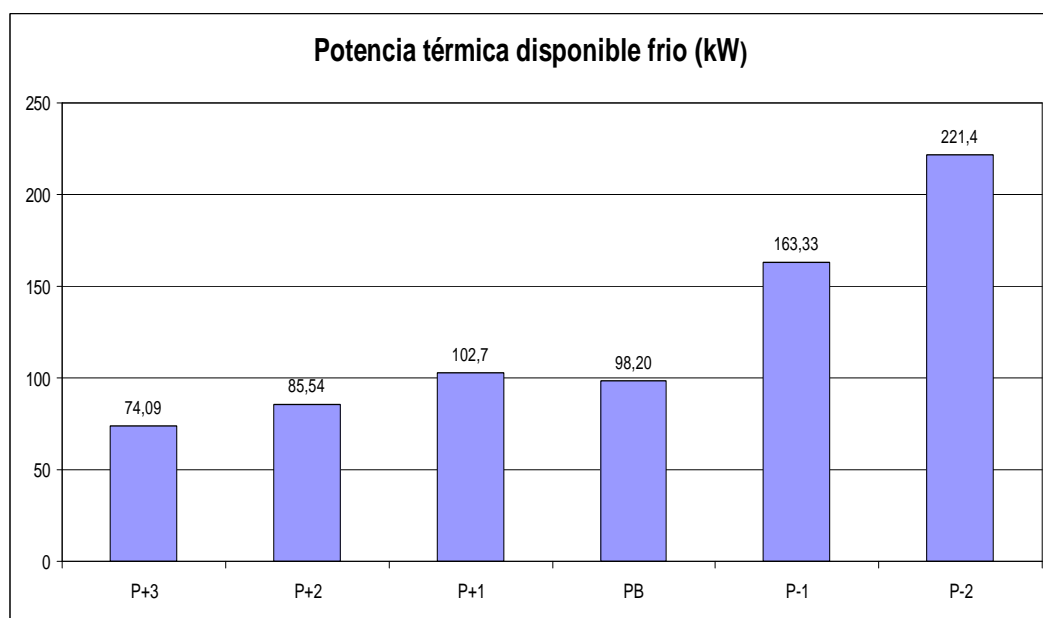


Figura 80. Potencia térmica disponible frío
Fuente: Elaboración propia

La potencia térmica disponible total de refrigeración del edificio es de 745,26 kW, distribuida por plantas de una forma muy similar a la potencia térmica disponible total.

Las plantas con mayor potencia térmica disponible son las plantas sótano 1 y 2, representan el 22 y 30% respectivamente, del total de la potencia térmica disponible del edificio.

Las plantas restantes presentan una potencia térmica disponible similar, entre el 10 y el 14% de la potencia térmica disponible total del edificio.

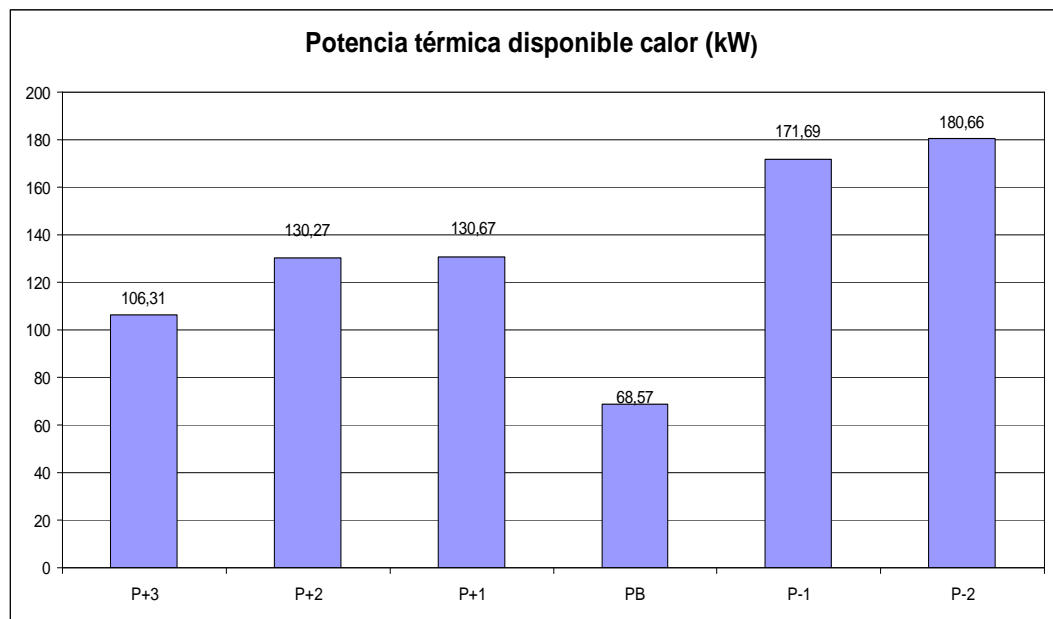


Figura 81. Potencia térmica disponible calor
Fuente: Elaboración propia

La potencia térmica disponible total de calefacción del edificio es de 788,18 kW.

Las plantas con mayor potencia térmica disponible son las plantas sótano 1 y 2, cada una representa el 22% del total de la potencia térmica disponible.

Las plantas 1 y 2 tienen una potencia térmica disponible similar, cada una representa el 17% de la potencia térmica disponible del edificio.

La planta baja y la planta 3 tienen menor potencia térmica disponible, representan el 9 y 13% respectivamente de la potencia térmica disponible del edificio.

Todas las plantas presentan los valores de potencia térmica disponible de calefacción y refrigeración similares a los valores potencia térmica disponible por plantas del edificio, excepto la planta sótano 2 que tienen una potencia térmica disponible de refrigeración mayor que la de calefacción.

También, se analizó la potencia térmica disponible de cada espacio con el objetivo de conocer la capacidad de respuesta, en términos de acondicionamiento climático, de cada espacio analizado en el edificio.

En este caso se han considerado las potencias nominales de los equipos de cada espacio respecto a su superficie (útil a acondicionar) con lo que se ha obtenido la potencia instalada por m².

Se tomaron cinco rangos de potencia térmica disponible, desde los 0kW/m² hasta los 0,220 kW/m², identificados con diferentes colores para poder obtener una comparación gráfica de los diferentes espacios.

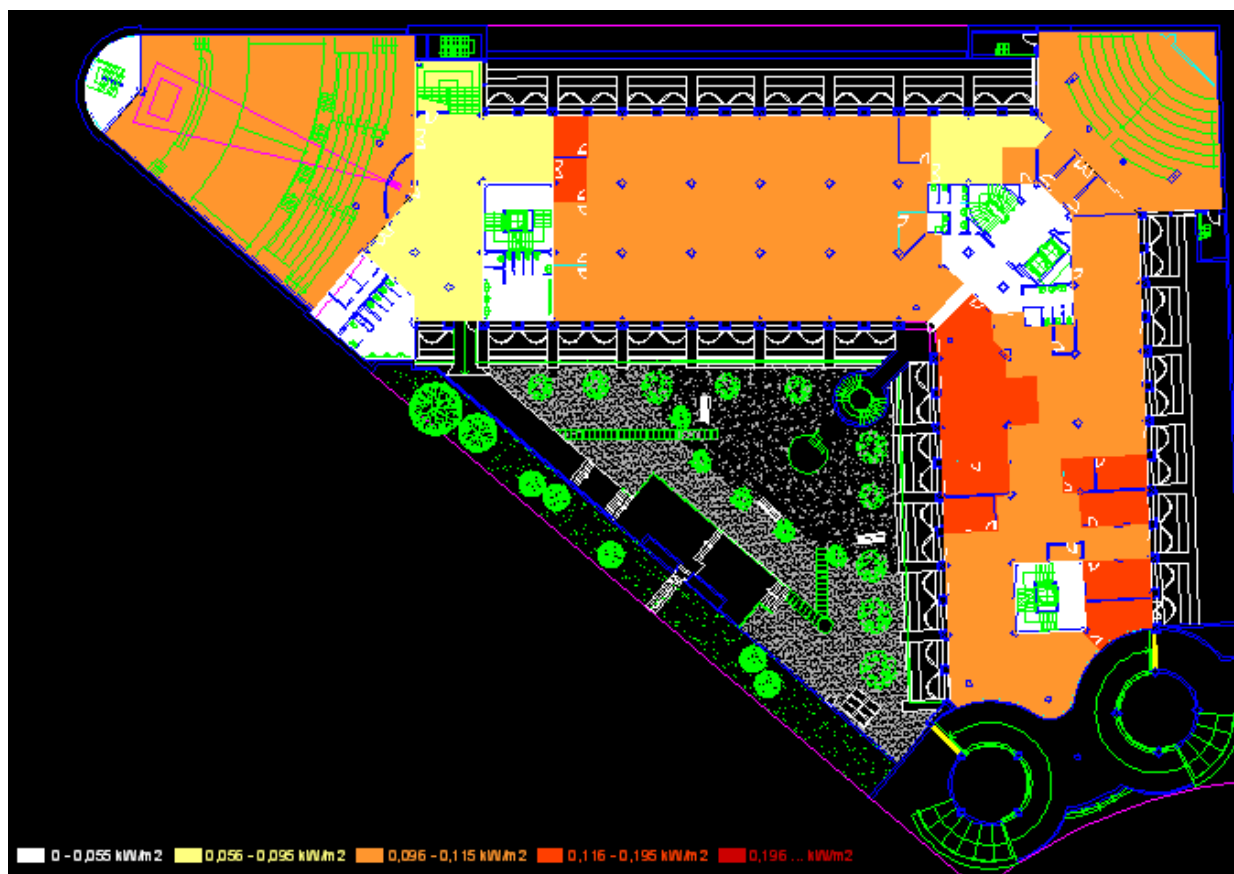


Figura 82. Potencia térmica disponible calor. Planta -1
Fuente: Elaboración propia

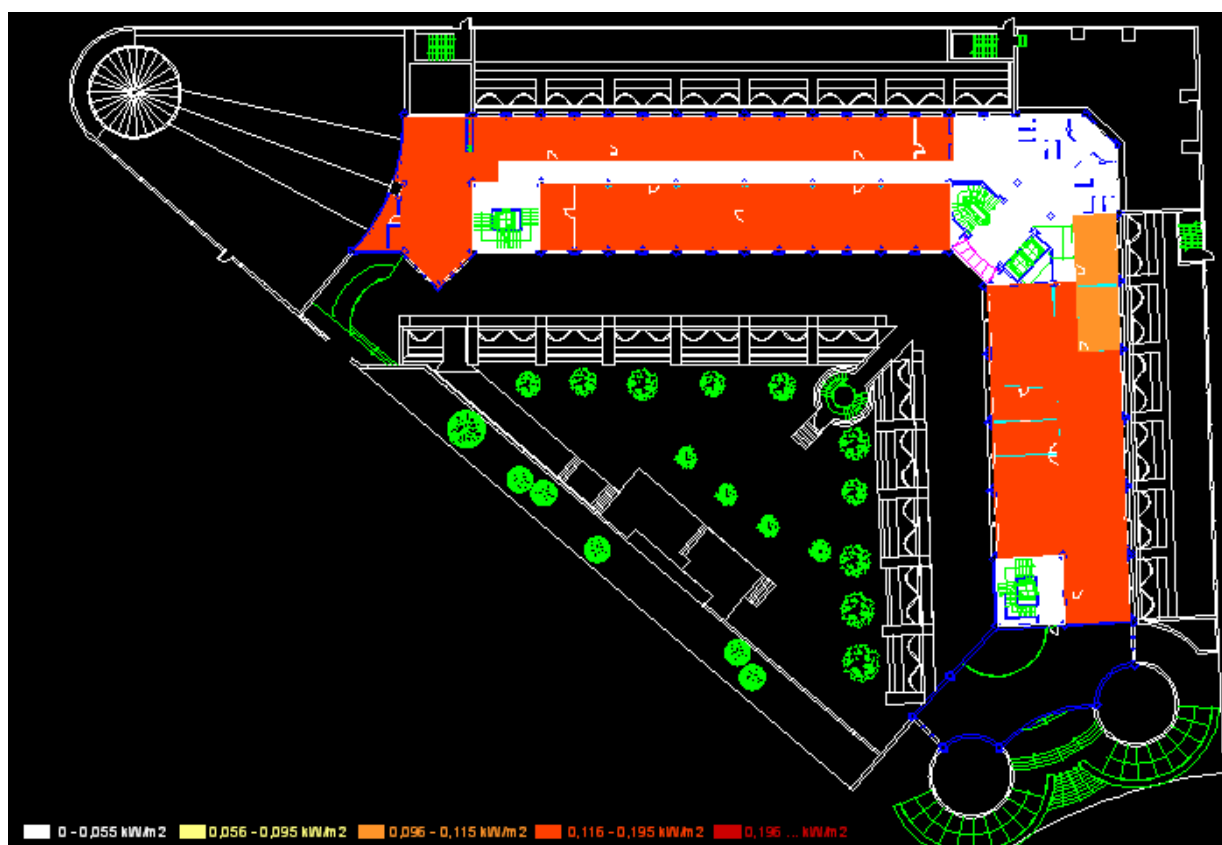


Figura 83. Potencia térmica disponible calor. Planta +2
Fuente: Elaboración propia



Figura 84. Potencia térmica disponible frío. Planta -1
Fuente: Elaboración propia

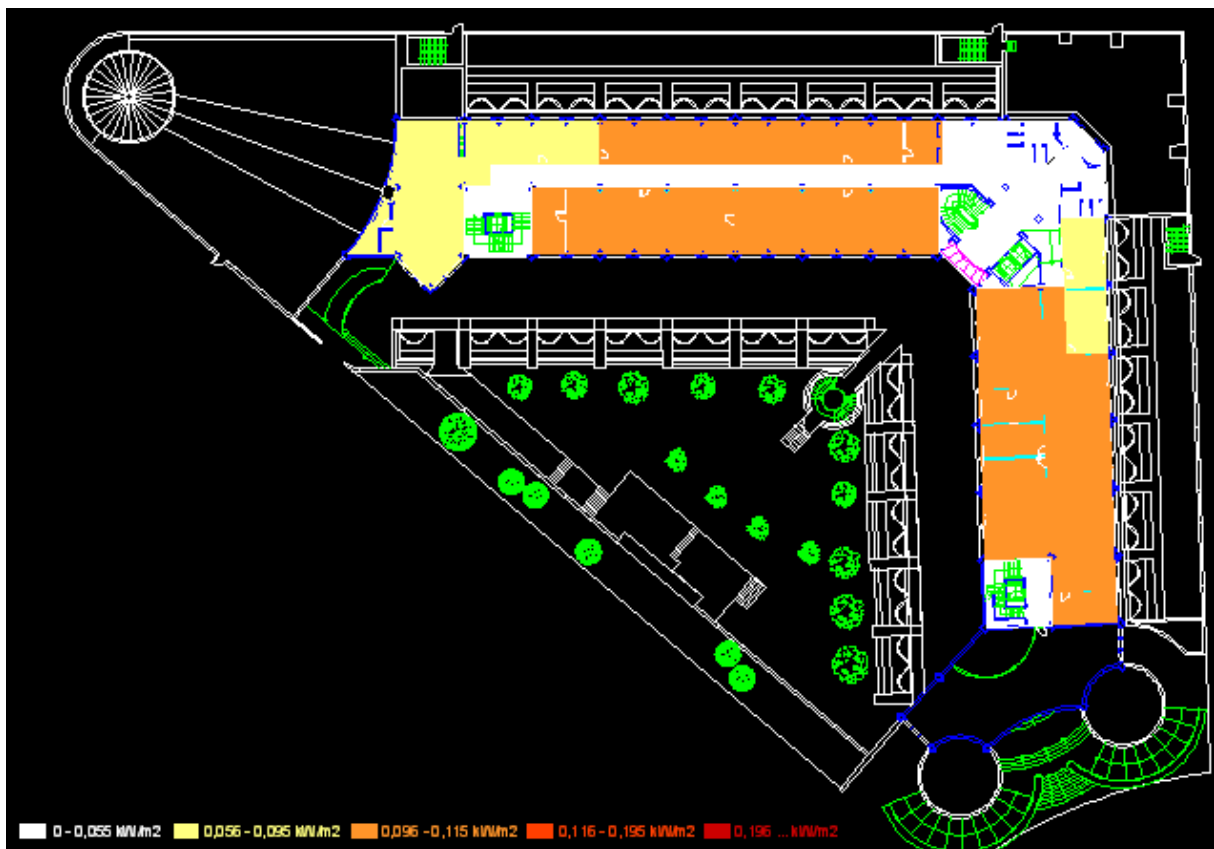


Figura 85. Potencia térmica disponible frío. Planta +2
Fuente: Elaboración propia

El aula master y la sala de actos presentan la mayor potencia térmica disponible debido al gran volumen de personas que manejan.

También, los despachos individuales y las nuevas distribuciones de oficina abierta que han sido diseñadas con el cambio de uso del edificio, tienen una alta potencia térmica disponible.

Los espacios ubicados en las plantas superiores tienen una alta potencia térmica disponible debido a que su uso original de la mayoría de estos era el de aulas teóricas y además de presentar altas ocupaciones reciben mayor radiación solar a lo largo del día.

2.1.4.1 Comparación de la potencia térmica disponible del edificio con la demanda necesaria

Se ha querido comprobar la capacidad de respuesta de los sistemas de calor y frío en la situación "punta" para un día tipo de invierno y de verano. En este caso se ha contado con el trabajo realizado en el Proyecto final de carrear Cristina Pérez Ribó. En dicho trabajo se ha hecho un cálculo en régimen estacionario de lo que serían las cargas de calefacción y refrigeración "Puntas" a partir del cual se establecen los valores de demanda de calor y frío en estos días tipo que se presentan en la siguiente tabla:

| DEMANDA DIA PUNTA | | |
|-------------------|---------------|---------------|
| PLANTA | CALOR | FRIO |
| Planta 03 | 14,96 | 35,57 |
| Planta 02 | 18,30 | 53,88 |
| Planta 01 | 20,19 | 64,53 |
| Planta baja | 17,10 | 48,77 |
| Planta -1 | 38,84 | 80,52 |
| Planta -2 | 29,55 | 97,05 |
| Planta -3 | 0,00 | 0,00 |
| Planta -4 | 13,02 | 11,36 |
| TOTAL | 151,97 | 391,68 |

Tabla 20. Demanda calórica en un día punta (kW)
Fuente: Elaboración propia

| | Potencia kW | Rendimiento Medio η | Potencia disponible kW |
|---------------------------|----------------|-----------------------------|------------------------------|
| Calderas (2) | 920 | 0,75 | 690 |
| Refrigeradoras (4) | 1104 | 1,8 | 1987,2 |

Tabla 21. Potencia disponible de los sistemas de climatización
Fuente: Elaboración propia

El valor del rendimiento medio, se tomo considerando el rendimiento de la máquina, las perdidas en distribución, emisión y regulación a partir de los valores nominales y características observadas del sistema.

Las potencias estimadas de calor y frío que se presentan en la tabla anterior responden a la tipología de uso original del edificio en que prevalecía el uso de

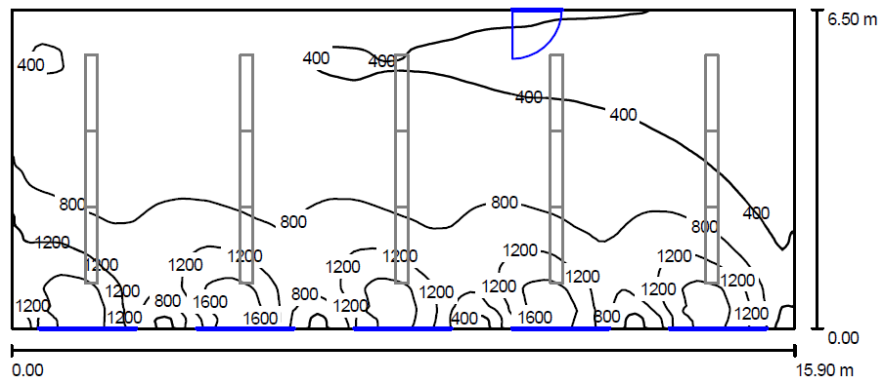
aulas (más intermitente) respecto al de despacho por lo que seguramente las demandas "Punta" actuales sean diferentes con mayor cantidad de energía necesaria en ambos casos y un mayor peso para la refrigeración. En todo caso, respecto a la potencia disponible en el edificio se podría estimar que estas demandas "puntas" pueden ser cubiertas con holgura por los sistemas de clima disponibles.

2.2 Análisis de la demanda lumínica y los sistemas de iluminación

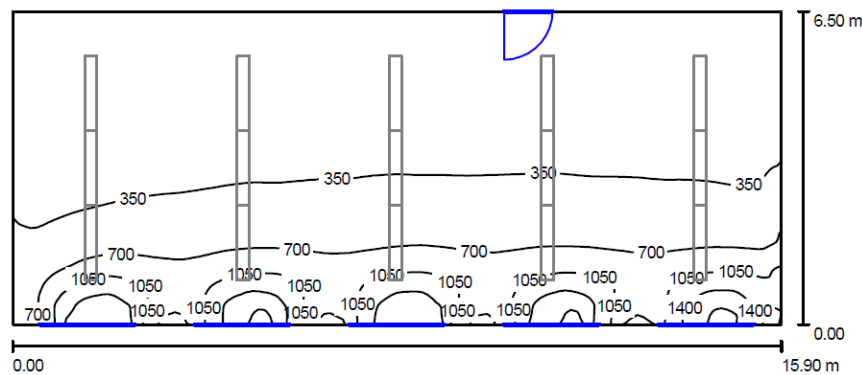
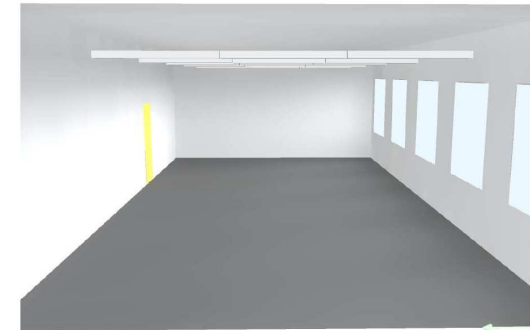
2.2.1 Análisis de la iluminación natural

Con el objetivo de verificar los sistemas de iluminación del edificio, se utilizó el programa DIALUX para obtener los valores de iluminación natural del edificio y el estado actual de los parámetros de iluminación de los espacios de estudio y compararlos con la norma UNE-EN 12464-1 presentada en el apartado 1.2.2 Sistemas de iluminación.

A continuación se presentan los cálculos de iluminación natural realizados en la mañana y en la tarde, los cuales se hicieron sin tener en cuenta la radiación solar directa.



Iluminación natural en las horas de la mañana



Iluminación natural en las horas de la tarde

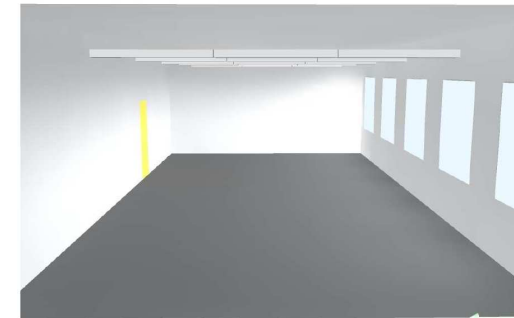
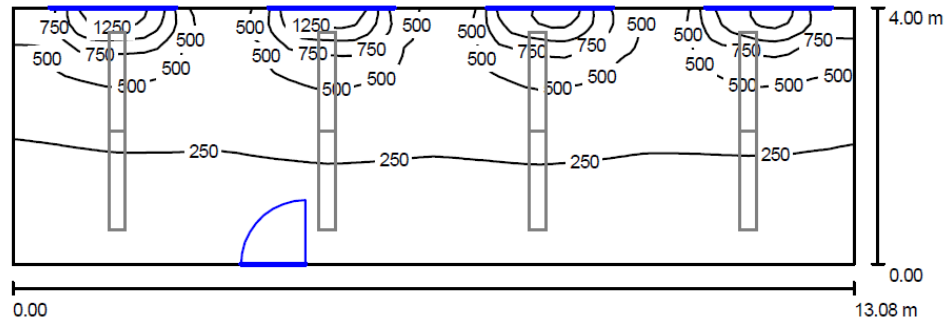


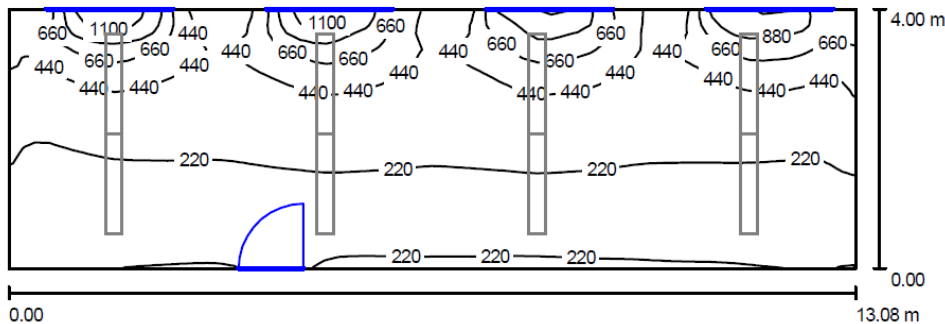
Figura 86. Análisis iluminación natural CITIES Fuente: Elaboración propia

El CITIES es un espacio de una sola fachada exterior, que permite iluminar naturalmente el despacho la mayor parte de la jornada laboral. En días soleados, los puestos de trabajo más cercanos a la ventana pueden presentar deslumbramiento, debido a la luz solar directa que reciben, presentando valores hasta de 1600 luxes.

Debido a la disposición de los puestos de trabajo, los más desfavorecidos son los puestos ubicados en la fachada interior los cuales pueden requerir iluminación artificial en las horas de la tarde al final de la jornada laboral.

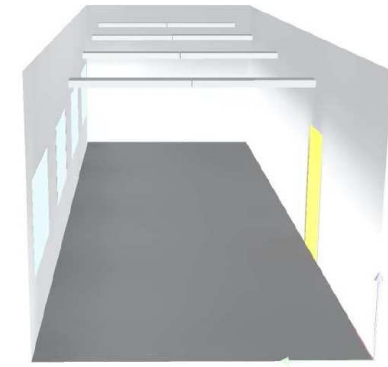


Iluminación natural en las horas de la mañana



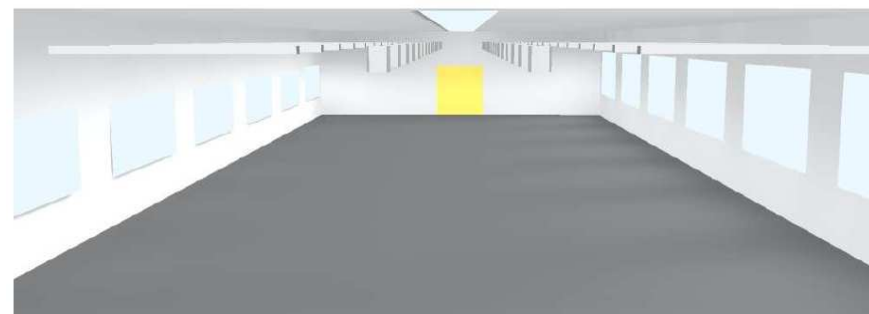
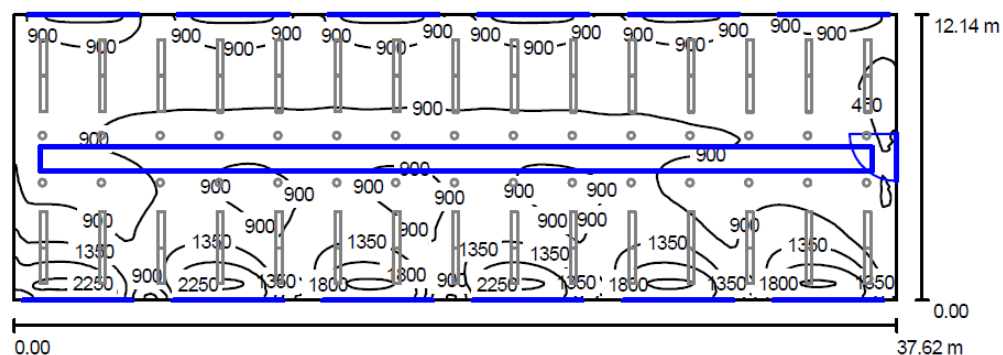
Iluminación natural en las horas de la tarde

Figura 87. Análisis iluminación natural GEOS Fuente: Elaboración propia

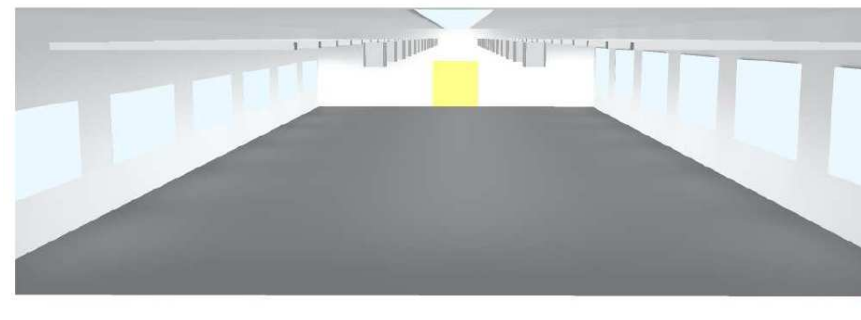
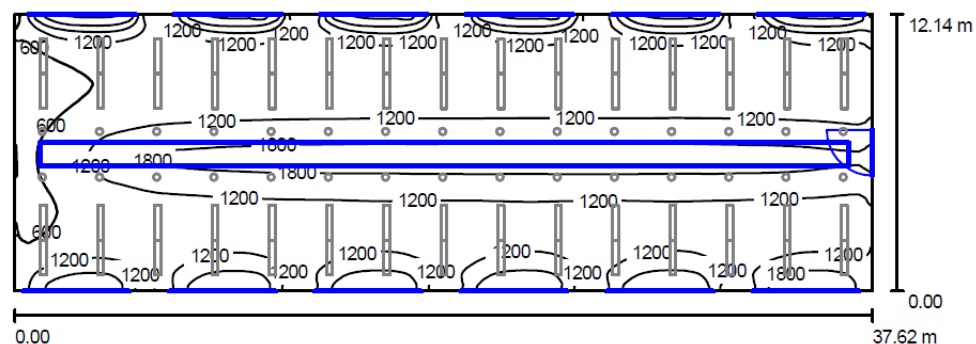


Debido a su ubicación, Noroeste, no recibe radiación solar directa por lo que la iluminación natural es más difusa que en los espacios con otras orientaciones. La iluminación natural de las horas de la mañana y las horas de la tarde no presenta muchas variaciones en los resultados.

No se puede aprovechar al máximo la iluminación natural del espacio, ya que los puestos de trabajo están ubicados en una franja central. En las horas de la tarde será necesario utilizar iluminación artificial para cumplir con los parámetros exigidos por la norma.



Iluminación natural en las horas de la mañana

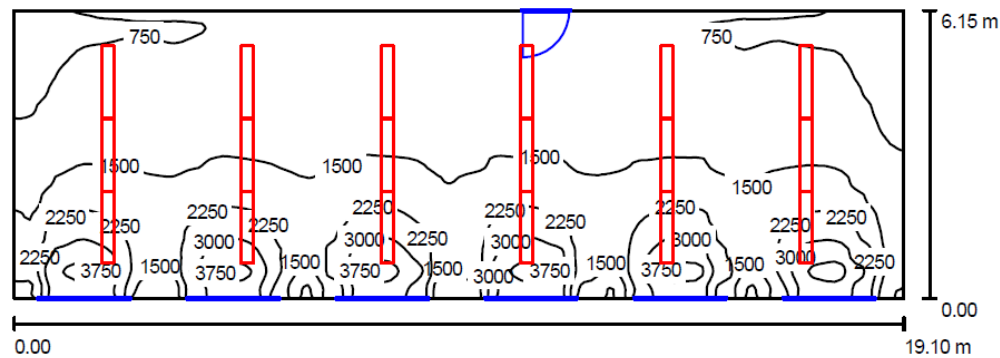


Iluminación natural en las horas de la tarde

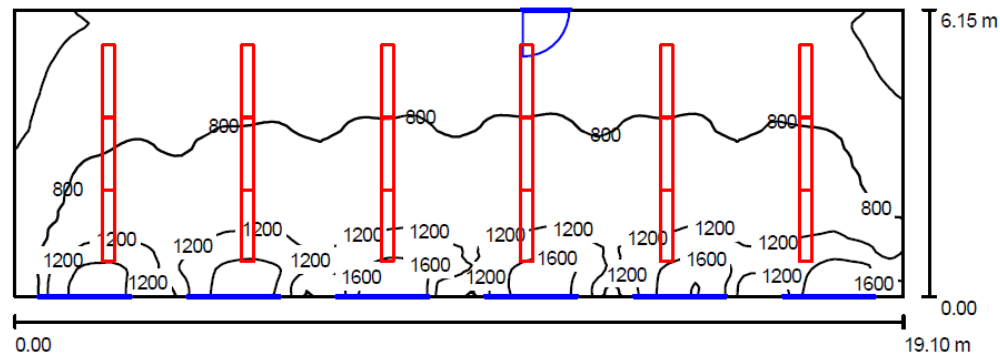
Figura 88. Análisis iluminación natural Servei de personal Fuente: Elaboración propia

Servei de Personal es un despacho con dos fachadas exteriores y una claraboya central, permitiendo tener una buena iluminación natural. En las horas de la mañana, presenta mayor iluminación natural en la fachada que recibe mayor radiación solar, la fachada soroeste, que en la fachada Noroeste. De igual manera, la iluminación natural es un poco más uniforme que la de los espacios que tienen una sola fachada al exterior.

Los puestos de trabajo están localizados aprovechando los focos de luz natural, permitiendo trabajar la mayoría de las horas de la jornada laboral con iluminación natural.



Iluminación natural en las horas de la mañana



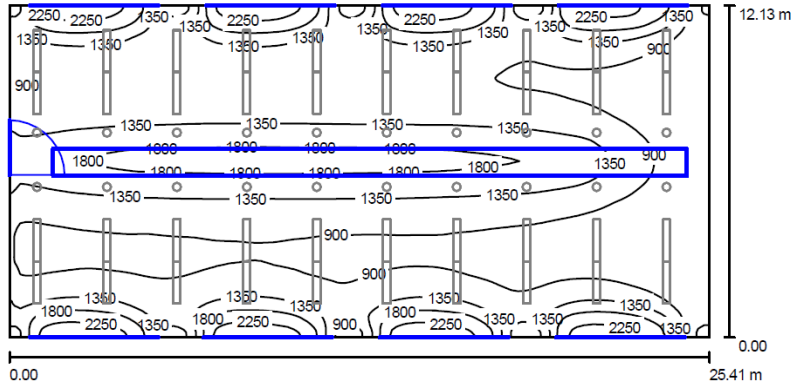
Iluminación natural en las horas de la tarde



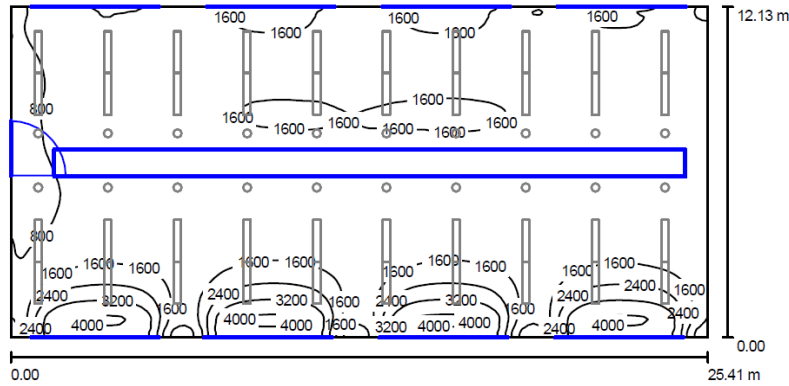
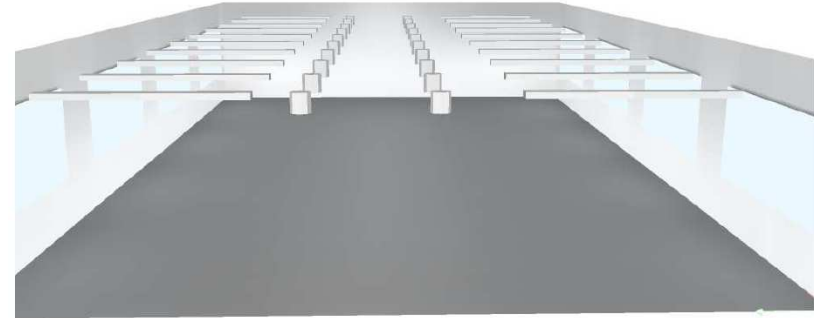
Figura 89. Análisis iluminación natural servei de prevenció de riscos laborals Fuente: Elaboración propia

Sevrei de Prevenció de Riscos laborals es un espacio con una sola fachada al exterior, la iluminación natural no se presenta de manera uniforme. Durante toda la jornada laboral se puede aprovechar la iluminación natural, presentando valores hasta de 750 Luxes en los espacios más lejanos a la ventana.

En un día soleado, los puestos de trabajo más cercanos a la ventana puede que presenten deslumbramiento.



Iluminación natural en las horas de la mañana



Iluminación natural en las horas de la tarde

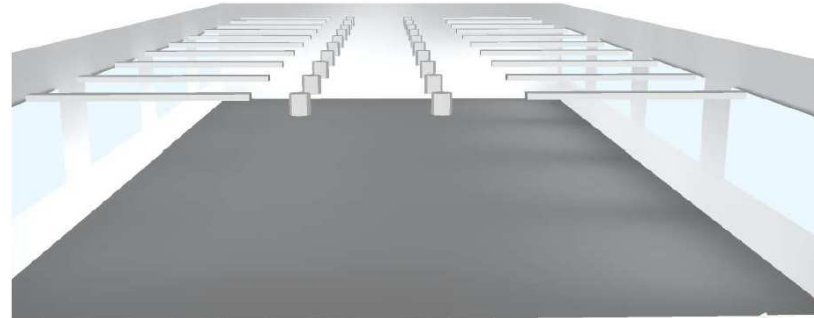
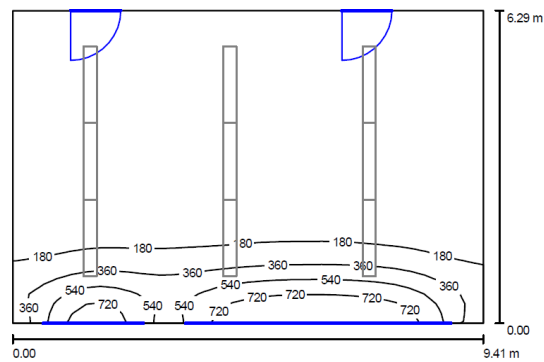


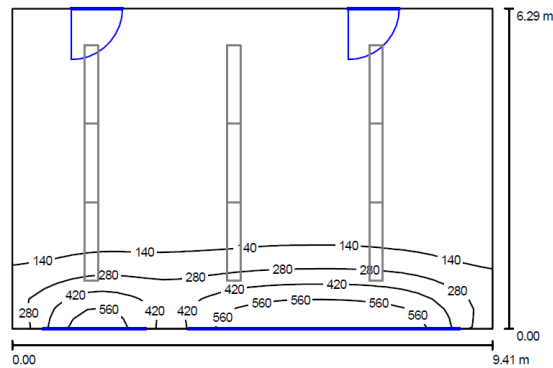
Figura 90. Análisis iluminación natural Servei de patrimoni Fuente: Elaboración propia

En las horas de la mañana la iluminación natural es más uniforme que en las horas de la tarde, presentando valores de iluminación más altos que los exigidos por la norma. En la tarde la iluminación es menos uniforme, pero sigue presentando valores de iluminación más altos que los exigidos por la norma.

Los puestos de trabajo están ubicados en franjas cercanas a la ventana con circulación en medio de los espacios, una ubicación adecuada para aprovechar al máximo la iluminación natural durante la jornada laboral.



Iluminación natural en las horas de la mañana



Iluminación natural en las horas de la tarde



Figura 91. Análisis iluminación natural Aula 215 Fuente: Elaboración propia

El aula esta ubicada en el sótano 2 y no tiene iluminación natural directa, pero puede aprovechar parte de esta gracias al patio y a la topografía del lugar.

Presenta iluminación natural uniforme debido a que es un espacio de una sola fachada, presentando valores mayores en los puestos cerca de la ventana, hasta 720 luxes y valores menores en los puestos de la fachada opuesta 180 lux

Tanto en las horas de la tarde como en las de la mañana será necesario utilizar iluminación artificial para cumplir con los valores exigidos por la norma.

2.2.2 Análisis de la iluminación artificial

Para la verificación de los parámetros de iluminación se utilizaron dos luminarias tomadas de la base de datos del Programa DIALUX. La luminaria DIAL 11 R2600/158 P8 utilizada mayoritariamente para iluminar los puestos de trabajo y la luminaria DIAL 7 Twinlights utilizada en las zonas de circulación de los despachos de oficina abierta.

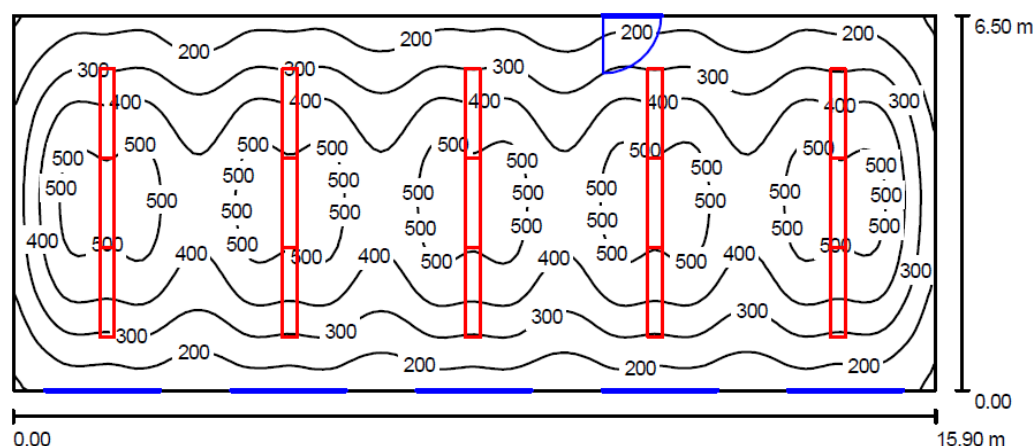


Figura 92. Análisis iluminación artificial CITIES
Fuente: Elaboración propia

En la franja central de despacho presenta valores de 500lx, valor que coincide con el requerido por la norma.

En las franjas laterales, los valores son más bajos 200, 300 y 400 lux, valores un poco bajos al valor exigido por la norma.

Debido a la distribución de las luminarias, los puestos de trabajo localizados en las zonas laterales no cuentan con la iluminación suficiente.

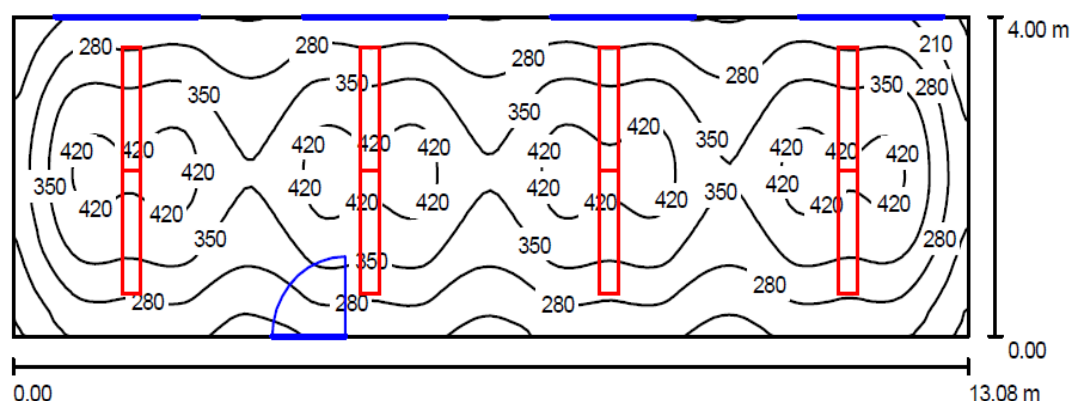


Figura 93. Análisis iluminación artificial GEOS
Fuente: Elaboración propia

El despacho presenta valores de iluminación más altos en la franja central, 420 lux, y más bajos en las franjas laterales, 280 lux.

En este caso los valores de los parámetros de iluminación se encuentran por debajo de los valores exigidos por la norma 500lux, presentando condiciones no confortables.

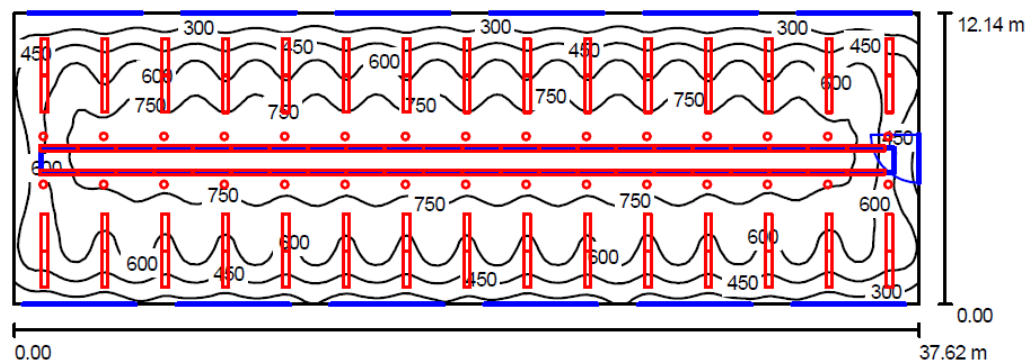


Figura 94. Análisis iluminación artificial Servei de personal
Fuente: Elaboración propia

La disposición y el tipo de luminarias permiten diferenciar los espacios de circulación y los de trabajo dentro del despacho.

La zona de despachos presenta valores entre los 300 y 750 lux, estos valores son mayores a los exigidos por la norma.

La zona de circulación se presenta los valores más altos 750lux, a lo exigidos por la norma para áreas de circulación 300 lux.

En este caso los puestos de trabajo están ubicados en las franjas laterales aprovechando también la iluminación natural.

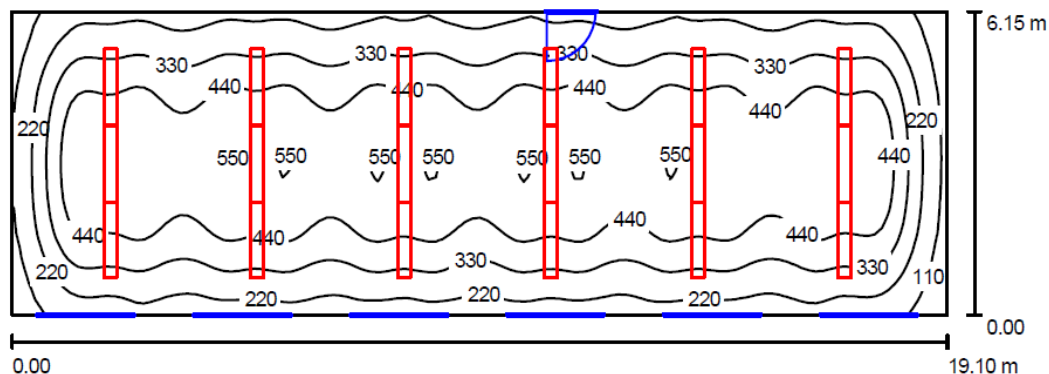


Figura 95. Análisis iluminación artificial Servei de prevenció de riscos laborals
Fuente: Elaboración propia

Presenta valores más altos en la franja central, 550 lux, que superan ligeramente los requerimientos de la norma. En las franjas laterales los valores son mas bajos, 330 y 220 lux, los cuales no cumplen con los requerimientos de la norma.

Por lo tanto, los puestos de trabajo ubicados en las franjas laterales no tienen confort lumínico.

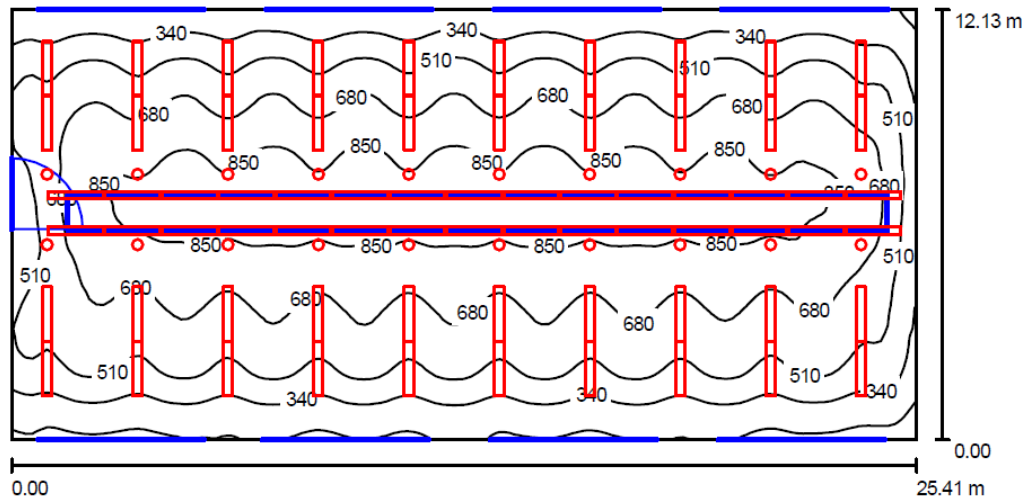


Figura 96. Análisis iluminación artificial Servei de patrimoni
Fuente: Elaboración propia

La disposición y el tipo de luminarias permiten diferenciar los espacios de circulación y los de trabajo dentro del despacho.

La zona de despachos presenta valores entre los 340 y 850 lux, valores superiores a los exigidos por la norma 500 lux.

La zona de circulación se presenta los valores más altos 850lux, a lo exigidos por la norma para áreas de circulación 300 lux.

Los puestos de trabajo están ubicados en las franjas laterales aprovechando también la iluminación natural.

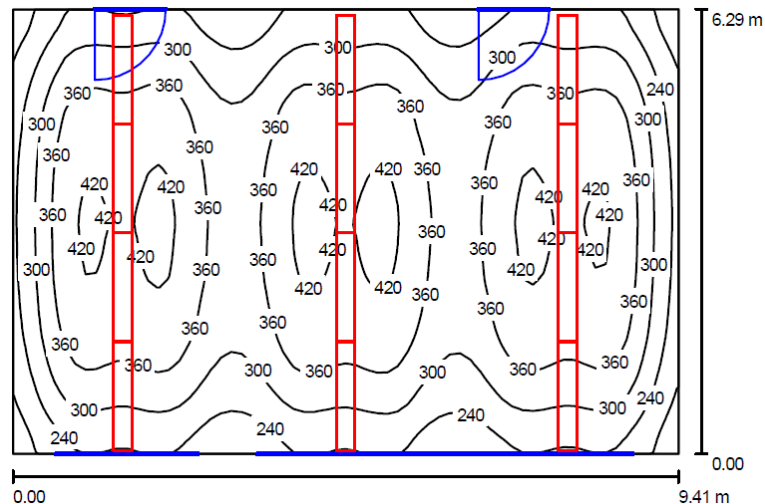


Figura 97. Análisis iluminación artificial Aula 215
Fuente: Elaboración propia

El aula teórica cuenta con un gran número de luminarias, presentando valores superiores a los exigidos por la norma, 300 lx.

En la franja central se presentan los valores mas altos 420lx, pasando ligeramente los requerimientos de la norma.

En las franjas laterales se presentan valores más bajos de 240 a 360lx. La disposición de las sillas en el espacio aprovecha la iluminación artificial.

2.3 Análisis funcionamiento del edificio

2.3.1 Ocupación real de los espacios de estudio

Con el objetivo de conocer el perfil real de uso de los espacios de estudio, se realizaron dos visitas durante unos periodos específicos a lo largo del año, para obtener datos mas precisos sobre la utilización de los espacios.

La toma de datos se realizó durante una semana recogiendo los datos en las diferentes franjas horarias: de 0 a 8h, de 8 a 14h, de 14 a 20h y de 20 a 24h, según el protocolo de seguimiento de la ocupación de un edificio.

La idea de las visitas es contar el número de personas que están en los espacios a una hora determinada, con el objetivo de conocer el perfil de ocupación real.

En los espacios con ocupaciones bajas, 10-12 personas, se contaron las personas, pero en los espacios con mayores ocupaciones, 40-60 personas, se tomó un porcentaje de ocupación basado en la ocupación total del espacio.

A continuación se presentan los perfiles de ocupación media real semanal de dos espacios tipo del edificio, el resultado mas detallado de las visitas en cada uno de los espacios de estudio se puede consultar en los anexos.

La primera visita se realizó la semana del 15 al 19 de Junio de 2009, semana en la cual se realizaba jornada reducida, es decir el horario laboral es de las 8h a las 15h.

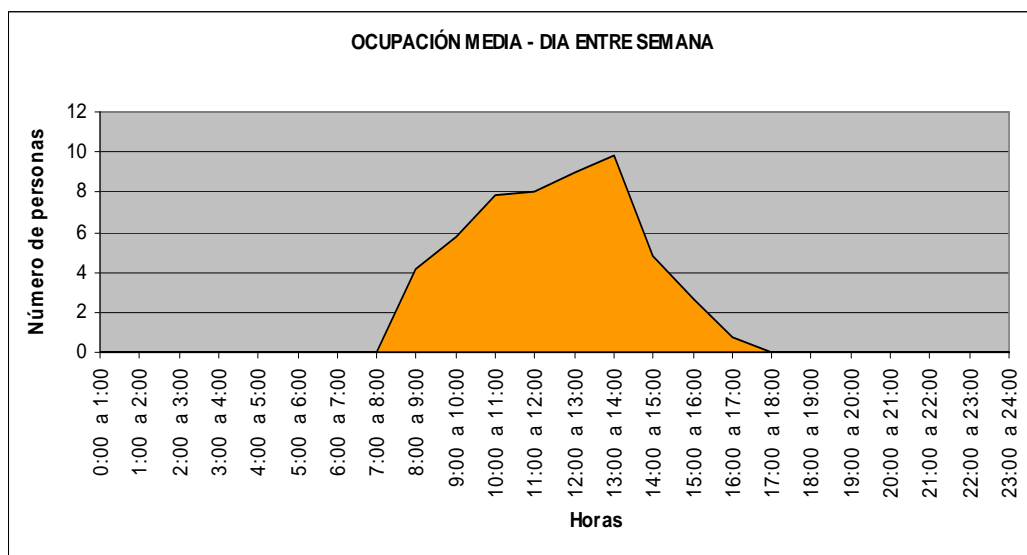


Figura 98. Perfil real de Ocupación CITIES. Jornada reducida
Fuente: Elaboración propia

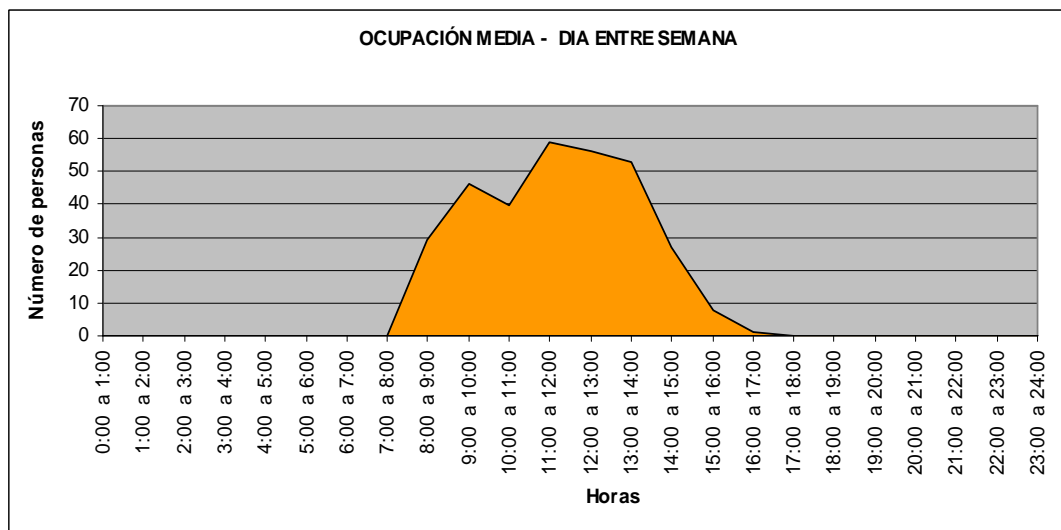


Figura 99. Perfil de ocupación real Servei de Personal y Servei Desenvolupament professional. Jornada reducida. Fuente: Elaboración propia

Los despachos empiezan a ser ocupados a las 8h y se van llenando escalonadamente hasta formar un pico a las 10h, después del cual se disminuye la ocupación hasta las 11h para tomar el desayuno.

Al medio día se presenta otro pico que dura hasta las 14h. A partir de las 14h los despachos reducen notablemente la ocupación.

Se puede concluir a partir de las graficas que los perfiles de ocupación real son variables, no solamente durante el día, durante la semana también por lo que es muy difícil obtener un patrón de ocupación.

La Segunda visita se realizó la semana del 19 al 23 de octubre de 2009, semana en la cual se realizaba jornada completa, es decir el horario laboral es de las 8h a las 18h.

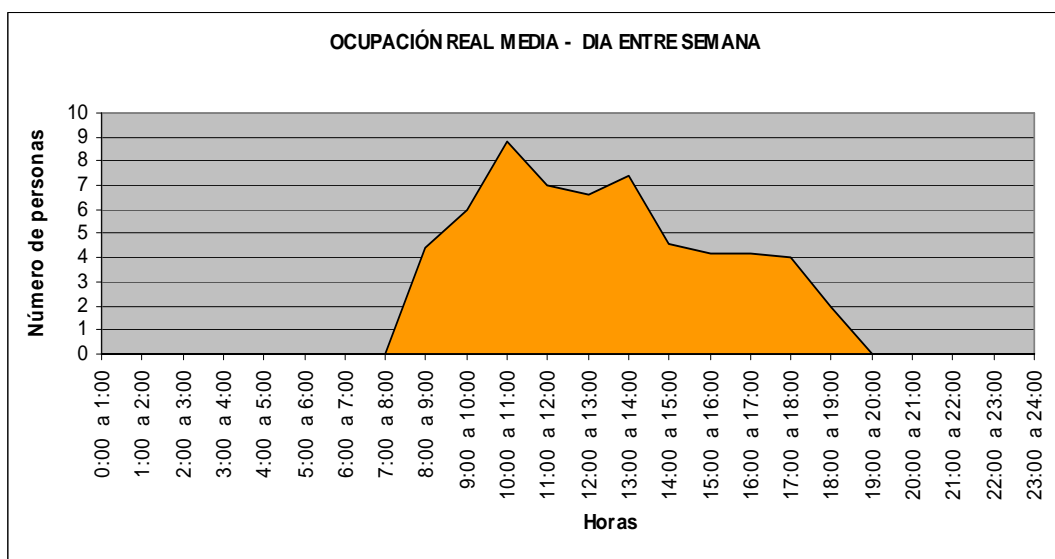


Figura 100. Perfil real de Ocupación CITIES. Jornada completa
Fuente: Elaboración propia

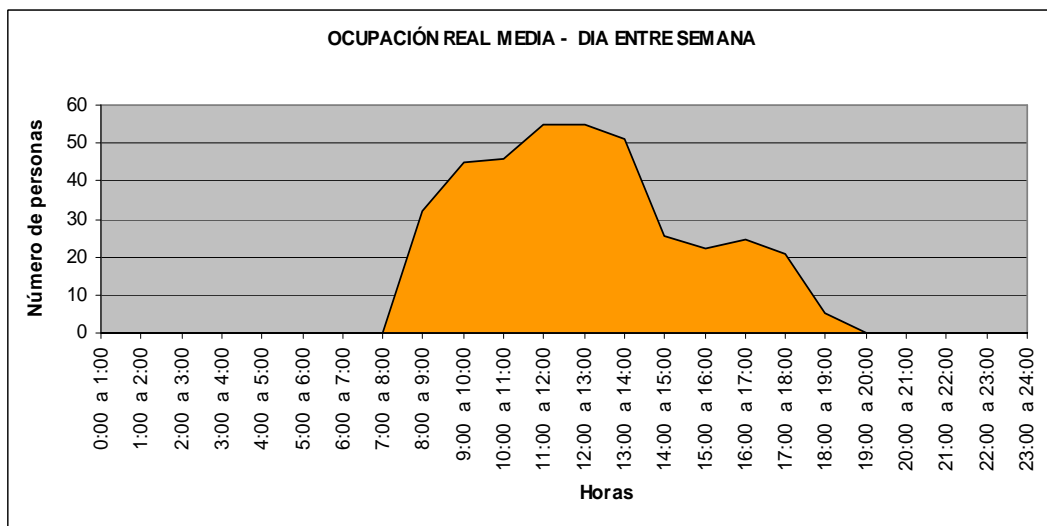


Figura 101. Perfil real de Ocupación Servei de Personal y Servei Desenvolupament professional. Jornada completa. Fuente: Elaboración propia

El perfil de ocupación de la jornada completa presenta más picos que el perfil de la jornada reducida, debido a la mayor cantidad de horas de ocupación, siendo un perfil más variable.

La jornada comienza a las 8h y el despacho se llena escalonadamente, hasta crear un pico a media antes de salir a desayunar y otro a medio día hasta las 14h hora en la cual salen a comer los que trabajan el día completo. En la tarde se reduce al 50% la ocupación hasta las 18h, hora en la cual termina la jornada laboral.

En algunos casos la jornada se alarga un poco más, pero la ocupación de los espacios es mínima.

Con el objetivo de tener un perfil aproximado de la ocupación real del edificio, se unieron todos los perfiles de ocupación de los espacios de estudio en las dos jornadas laborales estudiadas.

En este caso se utilizó el porcentaje de la ocupación real de los espacios para poder realizar una comparación.

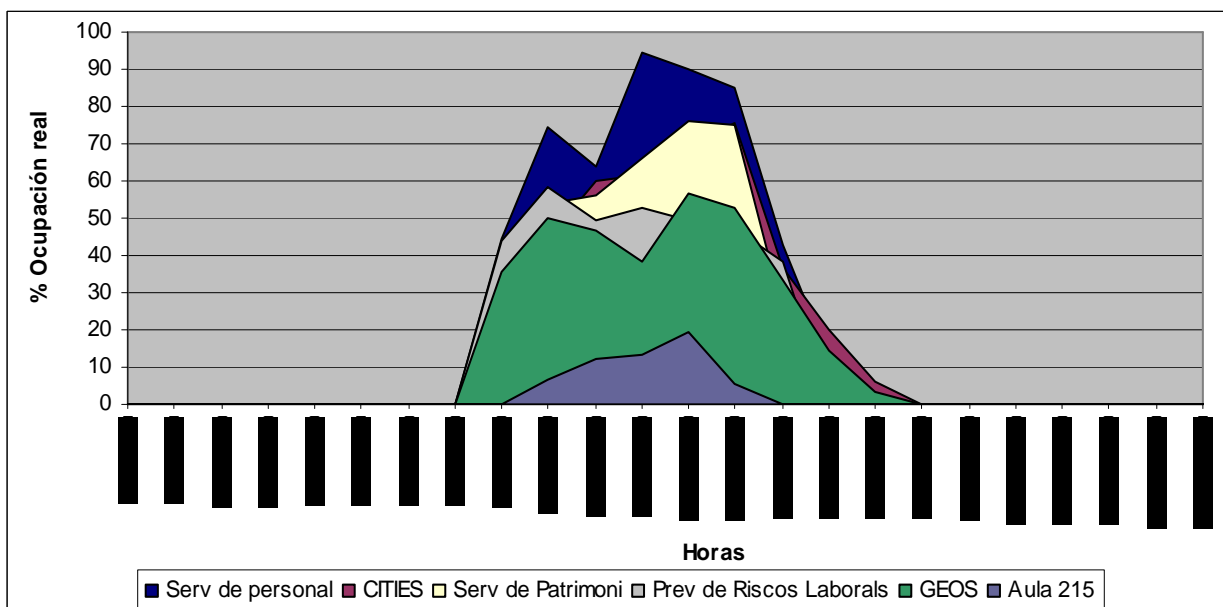


Figura 102. Perfil de ocupación del edificio Jornada reducida. Fuente: Elaboración propia

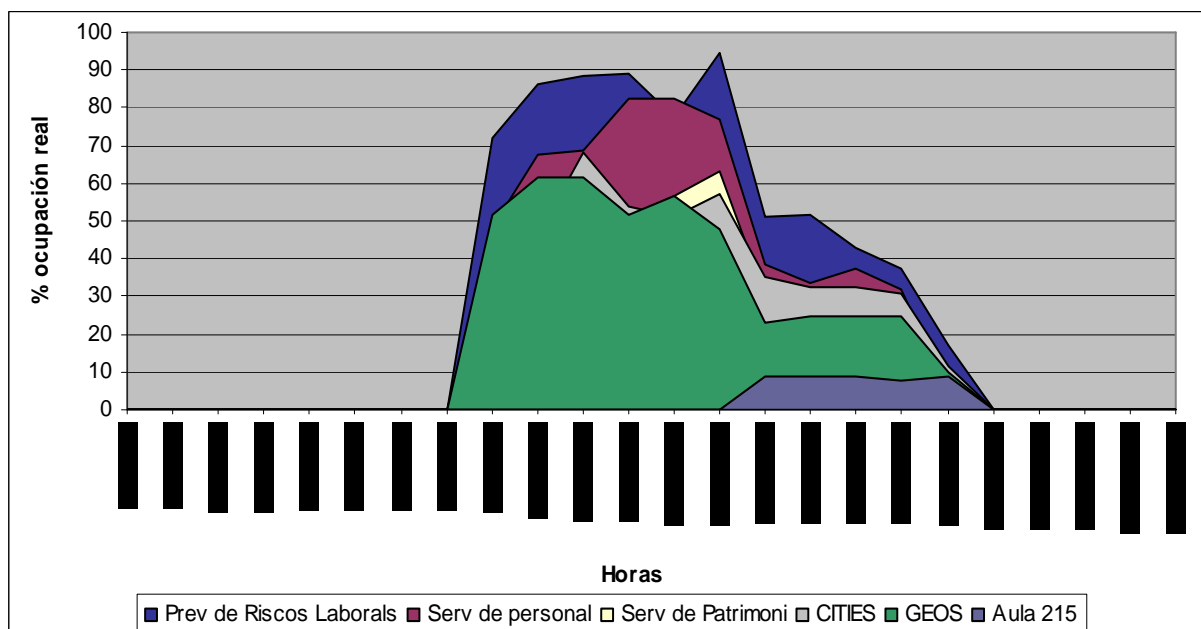


Figura 103. Perfil de ocupación del edificio Jornada media. Fuente: Elaboración propia

La ocupación del edificio es variable, aunque cada espacio maneja sus propios horarios coinciden en que tienen máxima ocupación en la mañana y en la tarde esta se reduce notablemente.

En las visitas realizadas pocos espacios estaban ocupados en su totalidad, debido a reuniones y visitas.

Se puede concluir a partir de estas gráficas, que respecto al uso de oficinas (el más representativo del edificio) que el edificio tiene claramente definido un perfil mas intenso en las mañanas y después de mediodía el edificio se “descarga” de forma significativa.

Esta consideración de cara a la gestión de los sistemas del edificio debería ser muy importante.

2.3.2 Comparación ocupación teórica y ocupación real de los espacios de estudio

Se tomaron los perfiles de ocupación real de dos espacios tipo y se compararon con el perfil teórico de un despacho tipo con el objetivo de conocer las verdaderas condiciones de ocupación de los espacios de estudio.

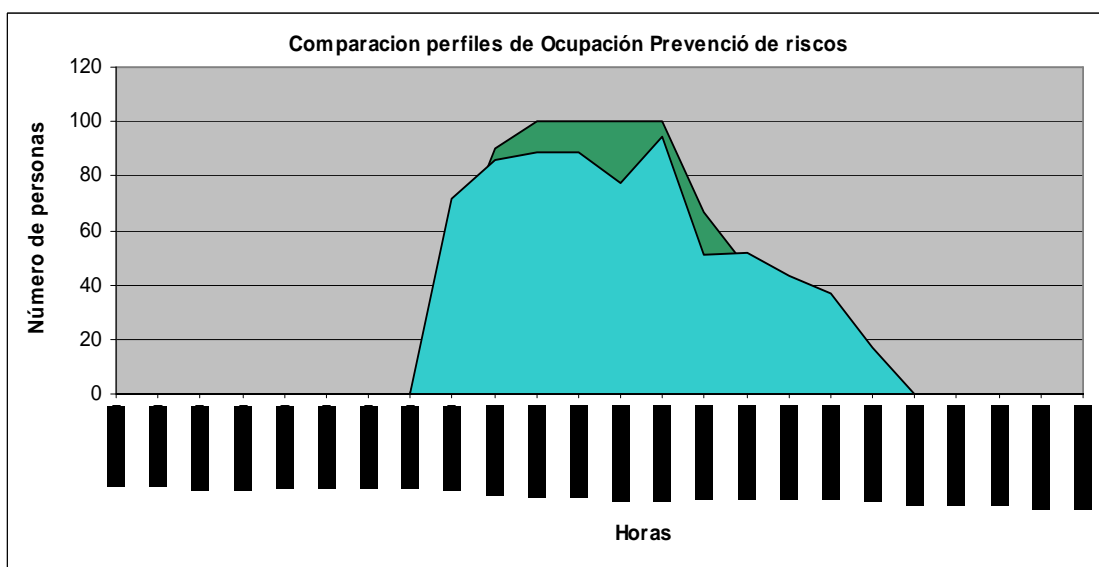


Figura 104. Comparación ocupación teórica y real jornada completa. Servei de prevenció de riscos. Fuente: Elaboración propia

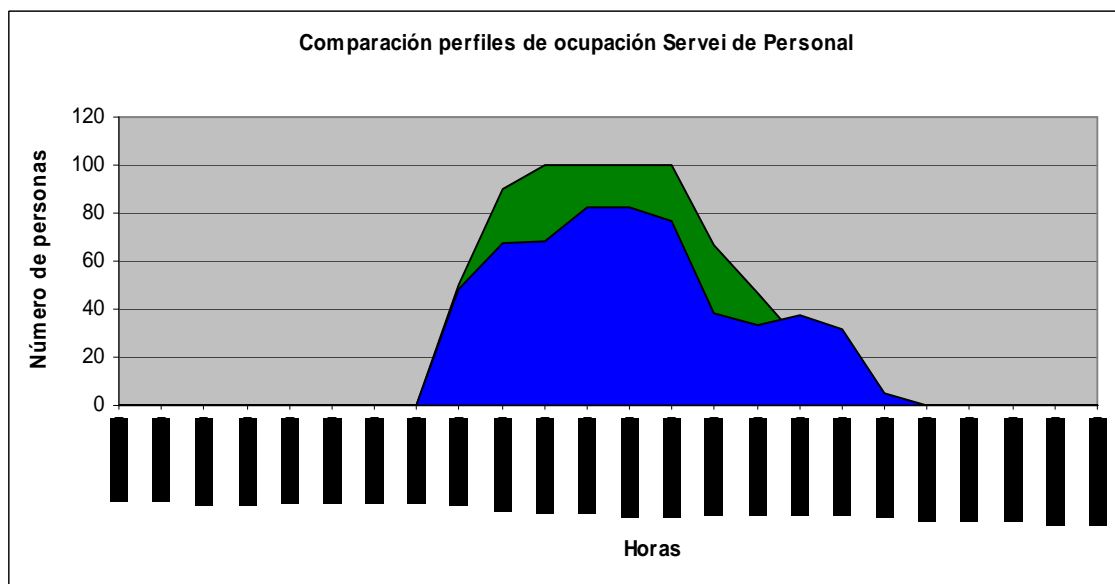


Figura 105. Comparación ocupación teórica y real jornada completa. Servei de personal Fuente: Elaboración propia

En los dos casos encontramos que la ocupación real es más variable que la ocupación teórica. Esto se ve reflejado en los picos de ocupación que se presentan a lo largo del día, lo cual demuestra que los espacios están ocupados al 100% durante pocas horas del día.

2.3.3 Gestión del edificio

La gestión del edificio no solo está relacionada con el mantenimiento y los sistemas de climatización de este, también incluye un factor muy importante que son los hábitos de utilización de los ocupantes.

Por esta razón, es fundamental tener en cuenta estos tres factores en este apartado para poder analizar en su totalidad la gestión del edificio.

2.3.3.1 Análisis de la gestión de los sistemas de climatización del edificio.

Los aparatos principales del sistema de climatización del edificio, las calderas y refrigeradoras, funcionan con gas y motores de expulsión. Esta clase de aparatos requieren de un mantenimiento constante, lo cual hace que no sean tan eficientes.

El edificio cuenta con el sistema de gestión SAUTER, el cual controla automáticamente los horarios de funcionamiento de los sistemas de iluminación, climatización y la temperatura al interior de los espacios mediante sensores localizados en los conductos de aire de retorno de los diferentes espacios.

Existe una zonificación climática que permite controlar los sistemas de climatización independientemente por plantas, gracias a la existencia de un climatizador por piso.

Con el cambio de uso del edificio en este último año, gran parte de los espacios que fueron diseñados originalmente como aulas, ahora son utilizados como despachos.

El cambio de uso además de traer como consecuencia una nueva distribución de los espacios, (unión de aulas, predistribución de despachos de oficina abierta, aparición de despachos individuales, etc.) creó nuevos hábitos de utilización del edificio, los cuales pueden ser adaptados a la programación del funcionamiento de los sistemas de climatización, al tener una utilización más alta en la mañana que en la tarde.

2.4 Análisis de consumo de recursos

2.4.1 Consumo de Energía

Debido a que el sistema de climatización del edificio es a gas, en el consumo eléctrico veremos reflejado el uso de los ordenadores, servidores, máquinas de vending, impresoras, luminarias, etc., que son equipos utilizados durante toda la jornada laboral.

- Consumo ordenadores:

Con el programa Energy Star, se calculó un consumo aproximado de los ordenadores utilizados en los despachos del edificio. Se tomó como referencia para el número de ordenadores el número de personas que trabajan en cada una unidad, asignándole un ordenador a cada una.

A continuación se muestran los parámetros del programa Energy Star que se tuvieron en cuenta para calcular el consumo de los ordenadores en kWh/año.



ENERGY STAR®
Etiquetado de equipos ofimáticos con eficiencia energética

Portada | Novedades | Base de datos | Calculadora de energía | Descargas | Enlaces | Contacto | Ayuda

Portada : Las ventajas de comprar ENERGY STAR : Calculadora de energía

Calculadora de energía para sistemas de PC

PC
configuración: PC económico
modo encendido: 37 W
modo preparado: 2.3 W
modo apagado: 1.8 W

Monitor
configuración: sistema 17" LCD
22 W
0.7 W
0.6 W
normal

Uso
configuración: oficina en casa
8 horas al día
2 horas al día
14 horas al día
2 aire acondicionado (meses / años)
6 vida del producto (años)
0.15 tasa de electricidad (euro / kWhora)

precio de compra: 500 euro / PC
arrendamiento: 0 euro / sistema / año

Resultados
Coste Total Tenencia: 749.3 euro
Consumo eléctrico total: 165.9 kWhora / año

Calcular!

Figura 106. Parámetros utilizados para el cálculo aproximado del consumo de los ordenadores
Fuente: www.energystar.gov

Para obtener el consumo por ordenador se tomó el dato del consumo de un PC económico y un monitor sistema 17" LCD, con un uso diario de 8 horas, 2 horas en modo preparado (suspendido) y 14 horas en modo apagado.

En los cálculos se tiene en cuenta que aunque los ordenadores estén apagados, si están conectados, continúan consumiendo energía.

El calor que generan los ordenadores aumenta la demanda de refrigeración en los meses de verano, por esta razón se debe tener en cuenta también este aumento en el consumo energético. En este caso se asumió que se necesita refrigerar los espacios dos meses.

| Energía | kWh/ año |
|--------------------|--------------|
| Modo encendido | 141,6 |
| Modo preparado | 1,8 |
| Modo de espera | 13,8 |
| Aire acondicionado | 8,7 |
| Total | 165,9 |

Tabla 22. Parámetros utilizados para el cálculo aproximado del consumo de los ordenadores. Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra el consumo de energía de los ordenadores de cada uno de los espacios del edificio.

| CONSUMO ORDENADORES | | | |
|--|--------------------|---------------------------------|-------------------------|
| Espacio | Número Ordenadores | Consumo por ordenador (kWh/año) | Consumo total (kWh/año) |
| UPCNET | 110 | 165,9 | 18249 |
| GTPAE | 14 | 165,9 | 2322,6 |
| CTT | 56 | 165,9 | 9290,4 |
| Servei de Promoció y comunicació | 10 | 165,9 | 1659 |
| Oficina Doctorat | 8 | 165,9 | 1327,2 |
| Servei de Gestió acadèmica | 21 | 165,9 | 3483,9 |
| Oficina EEES | 3 | 165,9 | 497,7 |
| PANGEA | 3 | 165,9 | 497,7 |
| Conserjería | 1 | 165,9 | 165,9 |
| Registro | 1 | 165,9 | 165,9 |
| ICE | 30 | 165,9 | 4977 |
| CITIES | 13 | 165,9 | 2156,7 |
| GEOS | 4 | 165,9 | 663,6 |
| Servei de Economia | 29 | 165,9 | 4811,1 |
| Vicegerencia | 2 | 165,9 | 331,8 |
| Unitat PRISMA | 18 | 165,9 | 2986,2 |
| Servei de Desenvolupament Organizatiu | 7 | 165,9 | 1161,3 |
| Servei de prevenció de riscos laborals | 11 | 165,9 | 1824,9 |
| Catedra UNESCO de Direcció universitària | 16 | 165,9 | 2654,4 |
| Servei de Patrimoni | 26 | 165,9 | 4313,4 |
| Servei de desenvolupament professional | 15 | 165,9 | 2488,5 |
| Servei de personal | 51 | 165,9 | 8460,9 |
| Secretaria | 1 | 165,9 | 165,9 |
| Vicegerencia | 13 | 165,9 | 2156,7 |
| TOTAL | 463 | - | 76811,7 |

Tabla 23. Cálculo aproximado del consumo eléctrico total de los ordenadores

Fuente: Elaboración propia

El edificio tiene un consumo total de energía generado por los ordenadores de 76811,7 kWh/año

- Consumo luminarias:

Con el objetivo de obtener un valor aproximado del consumo de las luminarias, se calculó el consumo lumínico de los espacios de estudio tomando la cantidad de luminarias, el consumo en kW de cada una de estas y las horas de uso, obteniendo el consumo anual que se presenta en la tabla a continuación.

| Espacio | Cantidad Luminarias | Potencia (kW) | Potencia Instalada | Horas uso | Consumo Anual (kWh) | Kg CO2 anuales |
|--|---------------------|---------------|--------------------|-----------|---------------------|----------------|
| CITIES | 15 | 0,058 | 0,87 | 4 | 734,3 | 376,6 |
| GEOS | 8 | 0,058 | 0,464 | 4 | 391,6 | 200,8 |
| Servei de Personal | 80 | 0,058 | 4,64 | 4 | 7709,1 | 3953,4 |
| | 47 | 0,058 | 2,726 | 4 | | |
| | 34 | 0,052 | 1,768 | 4 | | |
| Servei de Patrimoni | 92 | 0,058 | 5,336 | 4 | 7104,8 | 3643,5 |
| | 37 | 0,058 | 2,146 | 4 | | |
| | 18 | 0,052 | 0,936 | 4 | | |
| Servei de prevenció de riscos laborals | 18 | 0,058 | 1,044 | 4 | 881,1 | 451,9 |
| Aula 215 | 12 | 0,058 | 0,696 | 6 | 881,1 | 451,9 |
| CONSUMO TOTAL ESPACIOS DE ESTUDIO | | | | | 17702,1 | 9078,0 |

Tabla 24. Cálculo aproximado del consumo eléctrico de las luminarias de los espacios de estudio. Fuente: Elaboración propia

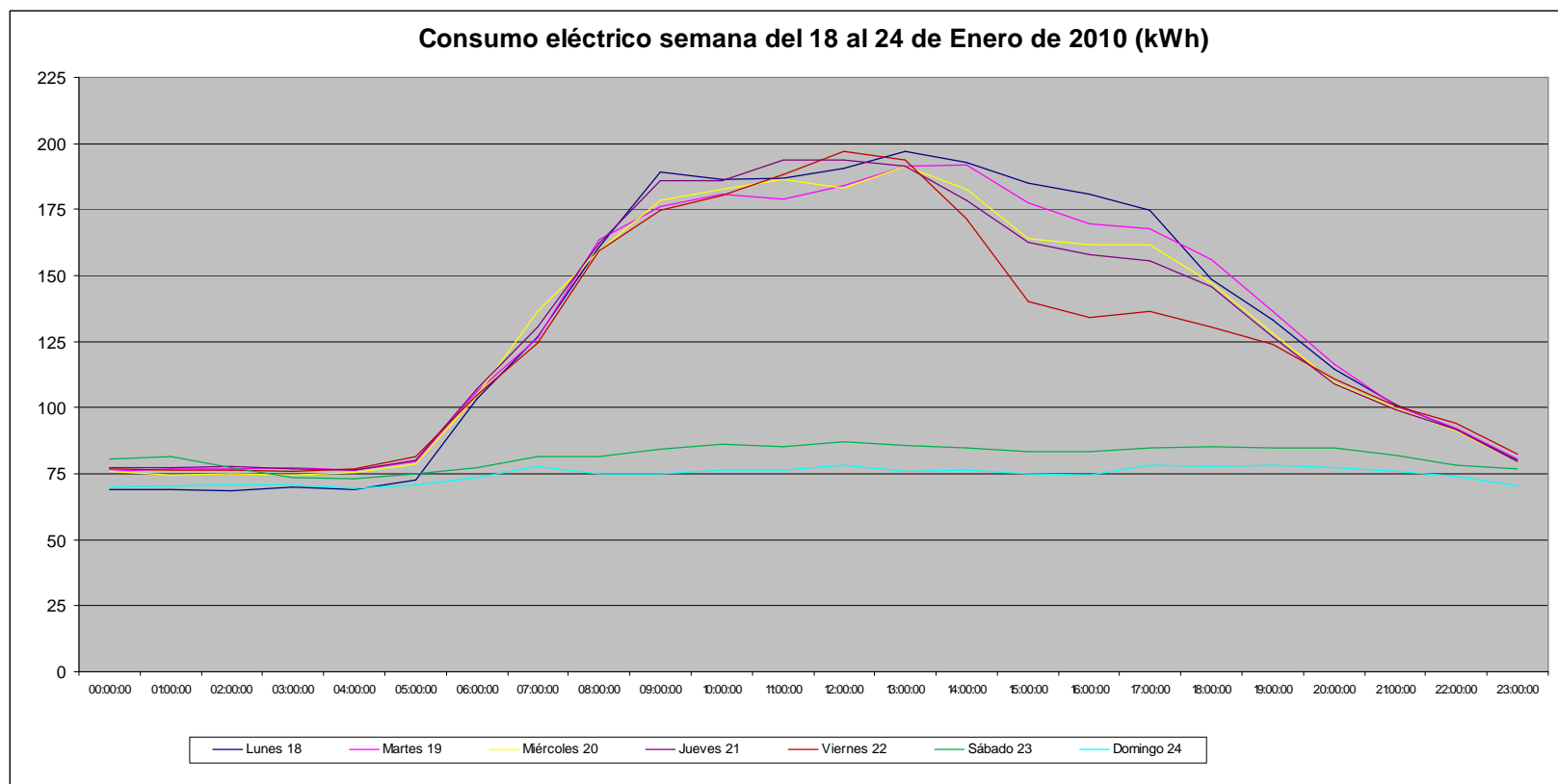


Figura 107. Comparación del consumo eléctrico diario de la semana del 18 al 24 de Enero de 2010. Fuente: Elaboración propia

El consumo eléctrico aumenta desde a las 6h cuando los equipos de climatización se ponen en marcha hasta las 8h, hora en la cual los espacios comienzan a ser ocupados.

En las horas de la tarde, el consumo no disminuye notablemente solo el viernes, día en el que la jornada laboral termina a las 15h y el miércoles y jueves, donde se puede percibir una disminución de la ocupación. A partir de las 19h disminuye el consumo, cuando el sistema de climatización se apaga y llega al consumo mínimo de 20 kWh a las 23h, que es el consumo de fondo del edificio.

Con el objetivo de conocer el consumo del edificio a lo largo del año y de identificar si la climatización del edificio influye el consumo eléctrico, se analizó el consumo eléctrico de un día tipo para cada una de las estaciones, invierno, primavera, otoño y verano.

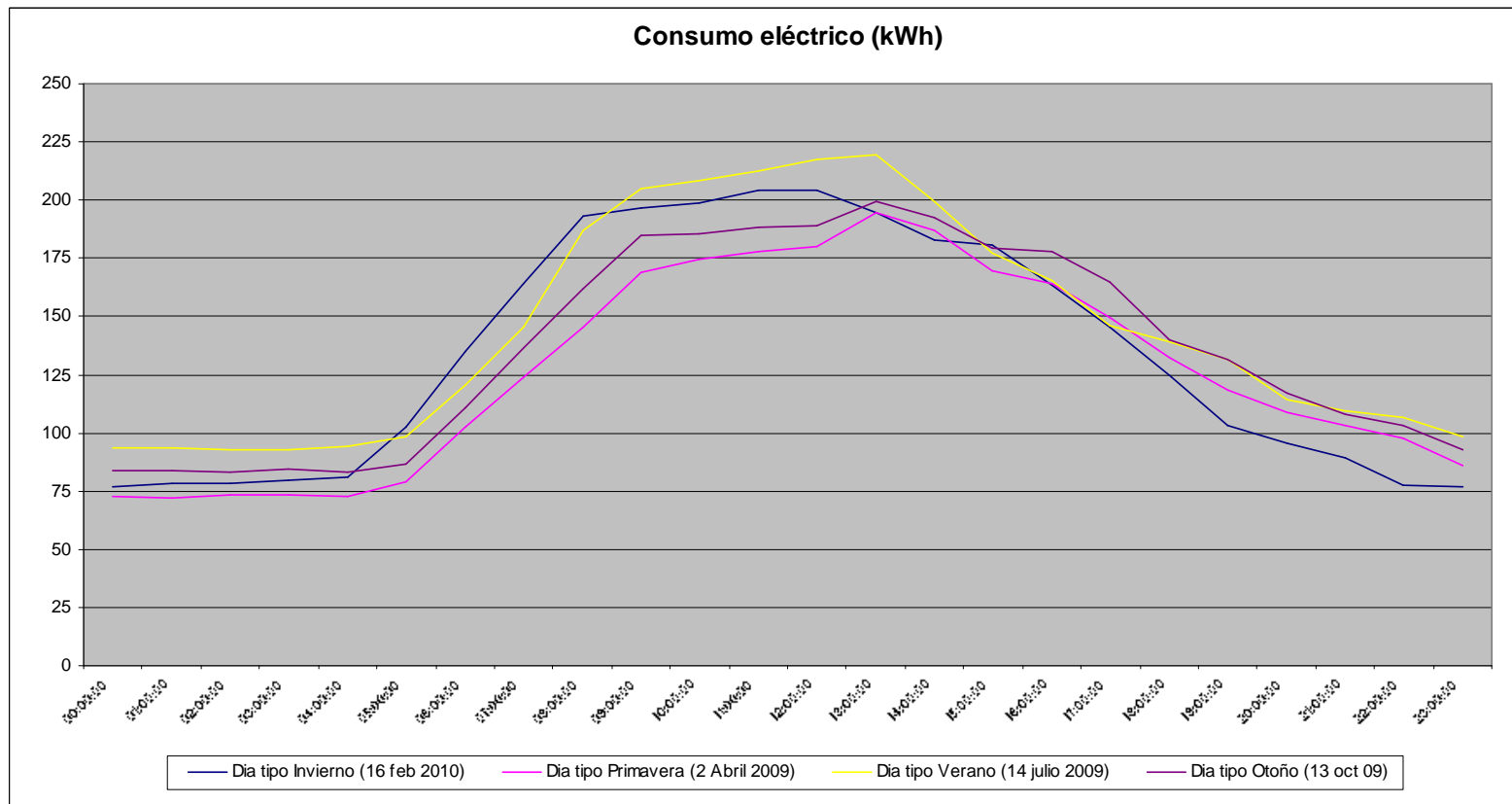


Figura 108. Comparación del consumo eléctrico diario tipo para cada unas de las estaciones del año. Fuente: Elaboración propia

Los cuatro días tipo tienen un comportamiento similar aunque presenten condiciones climáticas diferentes, no se puede distinguir en cual hay consumo por climatización y en cual no.

Se puede concluir que el consumo eléctrico se debe a los equipos de los despachos y las luminarias. No se influencia por la climatización.

2.4.2 Consumo de Gas

Mediante el análisis de los datos de consumo de gas proporcionados por las lecturas de los contadores realizadas de lunes a viernes se estudió el consumo de gas de un mes, con el objetivo de intentar identificar cual es el consumo del sistema de climatización y si este consumo coincide con los horarios establecidos.

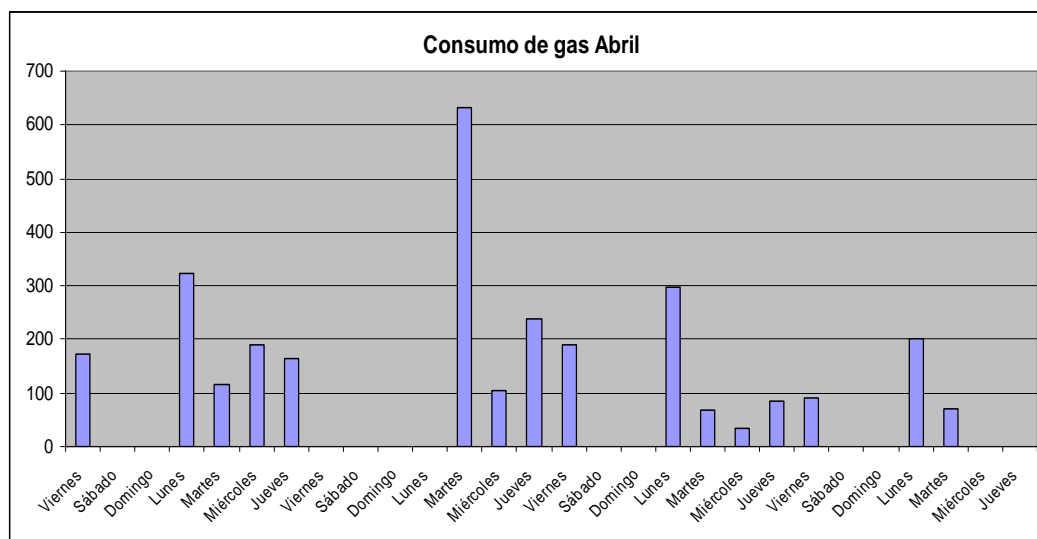


Figura 109. Consumo de gas del edificio. Abril de 2009
Fuente: Elaboración propia

En la grafica anterior se muestra el consumo del mes de abril de 2009. El lunes de cada semana se presenta un mayor consumo, comparado con el consumo de los demás días de la semana, debido a que las lecturas se realizan de lunes a viernes, por lo cual el consumo del fin de semana se acumula con el consumo del lunes.

De igual manera, el consumo del lunes debería ser mayor al de los otros días de la semana, debido a que teóricamente es necesario poner el edificio en régimen la mañana del lunes, ya que al no tener actividad durante el fin de semana ha perdido o ganado temperatura, según la época del año.

Pero esto no se ve reflejado en todos los meses del año cuando lo contrastamos con las temperaturas de los espacios analizados, encontramos que esto ocurre solo durante algunas semanas de invierno.

Se podría concluir, que durante el fin de semana se continúa climatizando el edificio innecesariamente.

2.5 Análisis de las condiciones de confort

2.5.1 Condiciones de confort vs ocupación

Con el objetivo de comprobar si las temperaturas obtenidas con las mediciones realizadas en los espacios están relacionadas con la ocupación de los despachos, se hizo una comparativa de estas dos variables en dos espacios de los estudiados.

Para realizar las graficas se tomaron los datos de ocupación obtenidos en las visitas realizadas en Junio y Octubre del 2009.

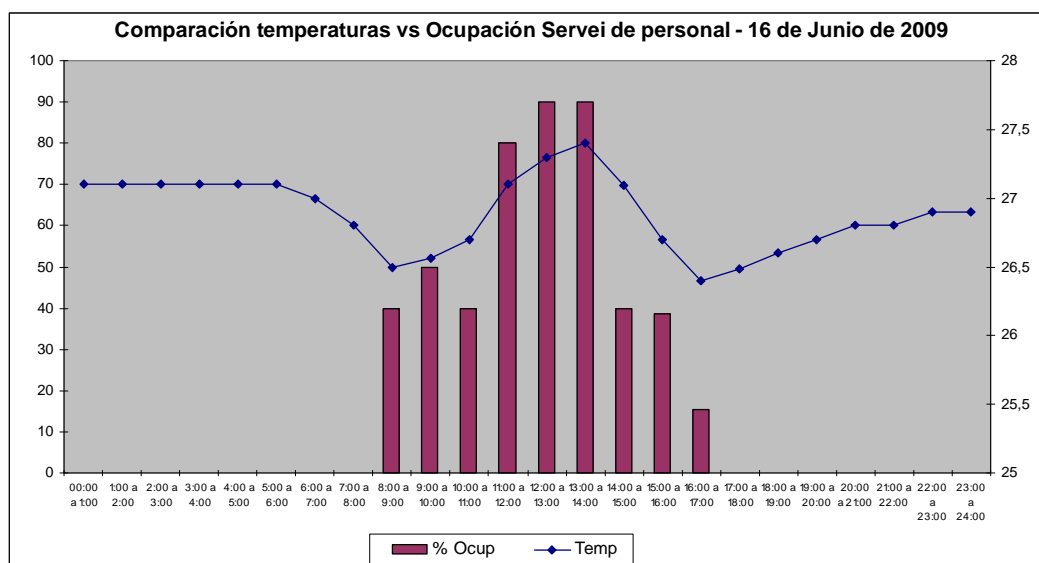


Figura 110. Comparación temperatura vs. ocupación 16 de Junio de 2009. Servei de personal. Fuente: Elaboración propia

La temperatura de Servei de Personal se ve influenciada por la ocupación del espacio, por la climatización y por los aportes energéticos.

A las 6h, hora en la cual se puede decir que se enciende el sistema de climatización, la temperatura del espacio comienza a disminuir hasta las 10h, hora en la cual el espacio aumenta su ocupación.

Durante el transcurso de la mañana y hasta las 15h continúa aumentando la temperatura al interior a medida que aumenta la ocupación.

Después de las 15h, momento en el cual la ocupación se reduce en un 50% las temperaturas bajan notablemente hasta las 18h hora en la cual termina la jornada laboral.

A partir de las 17h la temperatura aumenta nuevamente debido a que el sistema de climatización se ha apagado.

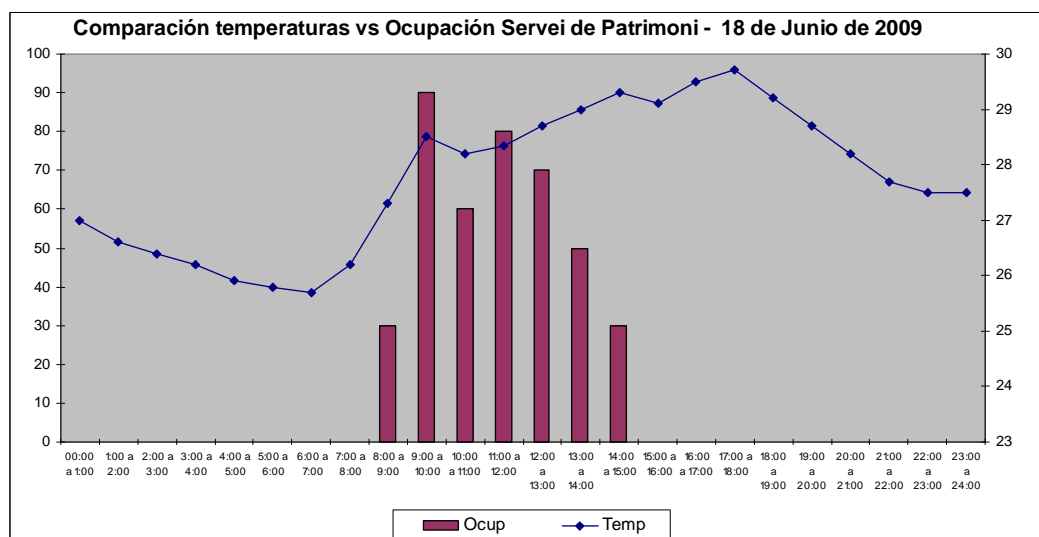


Figura 111. Comparación temperatura vs. Ocupación 18 de Junio de 2009. Servei de patrimoni. Fuente: Elaboración propia

También se tomo como caso de estudio Servei de patrimoni, el espacio con las temperaturas mas criticas de los espacios estudiados.

En este caso el comportamiento térmico del espacio no esta relacionado con la ocupación de este y tampoco se ve claramente el horario en el cual se enciende y se apaga la climatización. Esto podría deberse a los altos aportes térmicos del espacio debido a su localización.

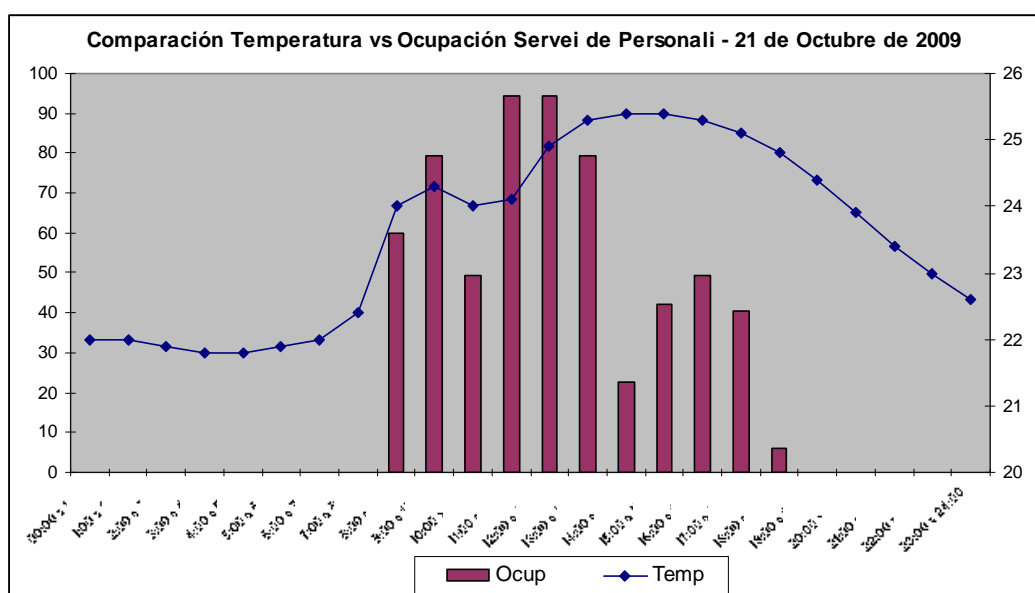


Figura 112. Comparación temperatura vs. ocupación 21 de Octubre de 2009. Servei de personal. Fuente: Elaboración propia

Durante el mes de octubre, las temperaturas de servei de personal tienen un poco de relación con la ocupación del espacio, pero no es tan evidente debido a que el edificio no esta climatizado, por lo tanto los cambios de temperatura son mas suaves.

En las horas de la mañana aumentan las temperaturas con la ocupación del espacio y durante las horas de la jornada laboral varían las temperaturas junto con la ocupación.

En las horas de la tarde, cuando la ocupación se reduce notablemente se tarda en bajar la temperatura.

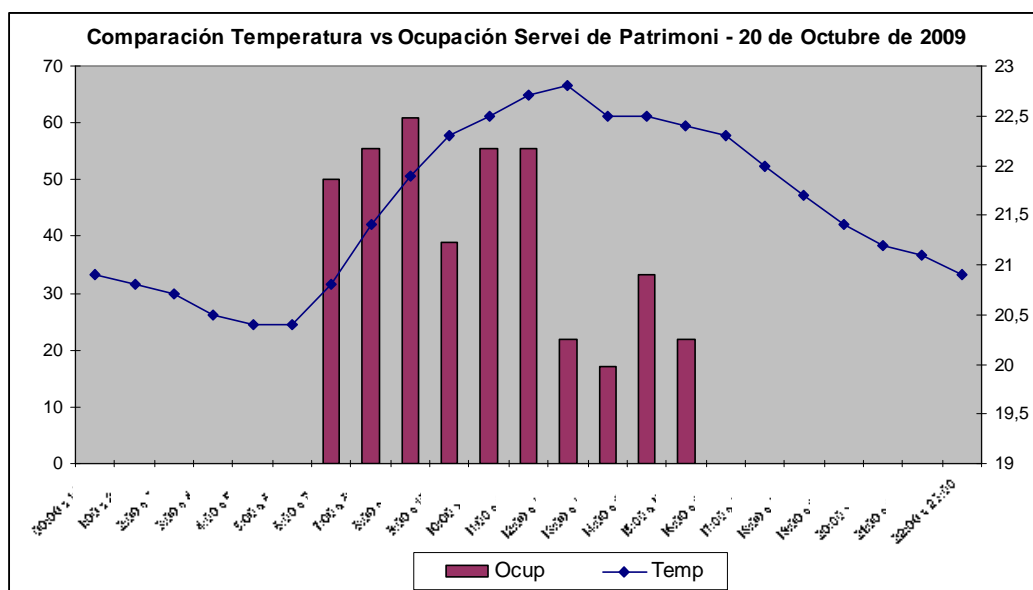


Figura 113. Comparación temperatura vs. Ocupación 20 de Octubre de 2009. Servei de patrimoni. Fuente: Elaboración propia

Servei de patrimoni tiene un comportamiento similar al de Servei de Personal. En las horas de la mañana la temperatura se influencia por la ocupación, pero en las horas de la tarde la pérdida de las ganancias térmicas es más lenta.

3. Diagnóstico

3.1 Sobre la envolvente

- En su mayoría los cerramientos del edificio cumplen con los valores de coeficientes de transmitancia térmica exigidos por la actual normativa edificatoria, en este sentido se puede concluir que la envolvente térmica del edificio es de "buena" calidad. Esta condición no garantiza que las condiciones de confort se satisfagan ya que la gestión de los sistemas de climatización juega un papel fundamental a la hora de valorar el consumo real de energía del edificio (factura). Tener una buena piel en términos de calidad térmica es un buen punto de partida en todo caso.
- El edificio tiene como elementos de protección solar en las fachadas persianas enrollables incorporadas en las ventanas, pero dependen del uso y la gestión de los usuarios para gestionar su efectividad. Esta circunstancia hace que las ganancias por radiación solar mas los aportes internos aumenten las temperaturas al interior de los espacios, incrementando el uso de los equipos de climatización.
- Estas persianas, al ser de color gris oscuro, bloquean la entrada de luz natural a los espacios y hacen necesario utilizar la iluminación artificial para tener condiciones lumínicas adecuadas para trabajar.

En este caso es necesario sacrificar el confort lumínico con el objetivo de tener mejores condiciones térmicas.

- Las aberturas cuentan en muchos casos con elementos tipo "Screen", que deja pasar un poco mas de luz natural al interior de los espacios, pero por ser interior no funciona como elemento de control de la radiación solar permitiendo que esta ingrese al local, en este sentido funciona únicamente como elemento de control luminoso y como reductor de la sensación térmica directa del usuario.
- Debido al deslumbramiento causado por el exceso de radiación solar, en invierno no se puede aprovechar el calor producido por esta radiación al tener que utilizar la persiana para tener condiciones de confort adecuadas para trabajar. En los espacios donde tienen instalado el screen se puede aprovechar un poco más.
- La protección solar de todas las fachadas fue diseñada de igual manera sin tener en cuenta que la incidencia solar es diferente en cada una de estas. Aunque la demanda teórica de refrigeración del edificio es menor que las referencias normativas, desde el punto de vista del confort de los usuarios seria necesario estudiar los elementos de control solar de forma específica para cada fachada y orientación.
- Los elementos de protección solar deben ser manipulados por el usuario según la trayectoria del sol y las horas del día. Es normal que en ocasiones se olvide levantar la persiana cuando el deslumbramiento del sol ha bajado y que continúen utilizando iluminación artificial.

3.2 Sobre los sistemas

3.2.1 Sistemas de climatización:

- Aunque este trabajo no ha hecho un análisis del todo detallado del dimensionamiento de maquinas y equipos, si se advierte a partir de los valores obtenidos, que el edificio cuenta con una potencia instalada suficiente para suplir la demanda de climatización de los diferentes espacios.
- Los sistemas de producción de frío (enfriadoras que funcionan a gas) tienen problemas de eficiencia en cuanto a la cantidad de energía que consumen respecto al servicio que prestan. Se trata de máquinas que en principio utilizan un recurso menos impactante (gas natural) pero por los problemas de funcionamiento y de mantenimiento periódico (A partir de la información de los gestores) justificarían un cambio de tecnología en el corto plazo
- Los sistemas de climatización fueron diseñados, probablemente, de acuerdo con las necesidades del uso original de cada espacio, los cambios de usos y adaptaciones de los espacios no han estado acompañados de un rediseño de las instalaciones o una adaptación de los equipos y sistemas a las nuevas necesidades, generando en algunos casos discomfort y un uso ineficiente de los aparatos de climatización con la nueva distribución de los espacios.
- Debido a su diseño, los espacios del edificio presentan diferentes demandas de climatización dependiendo de su localización, teniendo que tener en marcha todos los equipos (las calderas y refrigeradoras) en algunos meses del año, mayo y octubre, en los cuales las temperaturas no son tan extremas como en invierno y verano y se pueden presentar temperaturas un poco mas altas en los pisos superiores donde reciben mayor radiación solar, que en los espacios localizados en el sótano.

En estos casos el control y gestión de los sistemas debería tener una consideración específica.

- Existe una consigna de temperatura exterior la cual controla la puesta en marcha de la producción de frío o de calor: por debajo de 10°C no permite la producción de frío y por encima de 30°C no permite la producción de calor. La definición de estos valores y la forma como condicionan el funcionamiento del sistema debería estudiarse de la mano de especialistas de manera que permita un mejor acoplamiento entre las necesidades del edificio (y todas sus zonas) respecto de las variaciones del clima exterior.
- Las zonas comunes de las plantas 01 y 02 cuentan con fancoils para climatizar estos espacios que son de uso esporádico. Actualmente el RITE no exige para estos las mismas condiciones de confort que para los despachos, por lo cual la propia UPC puede plantear los parámetros según sus criterios.

Seria recomendable estudiar si de verdad se requiere acondicionar estas zonas porque son aparatos que consumen energía constantemente durante los meses que esta encendido el sistema de climatización.

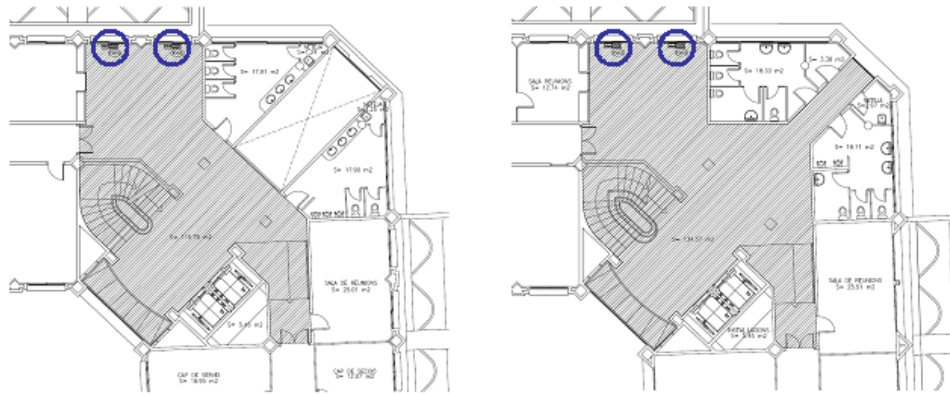


Figura 114. Localización fancoils zonas comunes Plantas 01 y 02
Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Sistemas de iluminación:

- El sistema de iluminación permite tener una gestión a nivel de espacios o locales que permite encender y apagar las luminarias por hileras. Esta condición permitiría tener un ahorro energético significativo cuando el espacio no está ocupado en su totalidad, situación que se puede observar en buena parte de los locales estudiados.

Haría falta en todo caso estudiar mejor la regulación y control dentro de cada local para adaptar el uso de la luz artificial de acuerdo con las posibilidades de aprovechamiento de la luz natural por ejemplo.

- En algunos espacios estudiados el dimensionamiento de la iluminación es excesivo, presentando valores más altos que el exigido por la norma. Un estudio más detallado sobre la iluminación de los espacios permitiría economizar parte del consumo eléctrico por iluminación en los espacios.
- La ubicación de las luminarias está diseñada según el uso de los espacios. Actualmente con el cambio de uso de aulas a despachos, la ubicación de los puestos de trabajo no se hizo pensando en el mayor aprovechamiento de estas.
- El diseño de las luminarias no tiene en cuenta el posible aprovechamiento de la iluminación natural, esto se ve reflejado en la ubicación de las luminarias las cuales no tienen en cuenta cuáles espacios reciben mayor iluminación natural que otros.

La disposición de los espacios y el horario laboral (de 8h a 18h) permiten combinar el uso de iluminación natural y artificial a lo largo del día.

3.2.3 Otros equipos

- En los últimos meses se ha reducido el número de impresoras en los diferentes despachos, incentivando el uso compartido de estas. Este es un buen gesto que permite reducir el consumo eléctrico.
- En gran parte de los espacios del edificio se utilizan ordenadores durante todo el día, como una herramienta de trabajo.

Como consecuencia el consumo eléctrico debido a estos equipos es constante. Fomentando una utilización concientizada de estos, se podría reducir una parte significativa del consumo. En el diagnóstico del consumo se hará mención del elevado consumo “de fondo” asociado a estos equipos que presenta el edificio.

3.3 Sobre la gestión

3.3.1 Sistemas de climatización:

- A pesar de los horarios de gestión de la climatización de las 7h a las 20h, controlados automáticamente, en la evolución de las temperaturas se observan incoherencias (zonas que parecen climatizadas 24h y durante el fin de semana)
- La gestión no corresponde con la ocupación real del edificio, en las visitas se ha visto que los espacios tienen alta ocupación en la mañana y baja ocupación en la tarde y esto no se refleja en las temperaturas. Podría plantearse en un futuro un cambio en el horario de climatización teniendo en cuenta el cambio de uso del edificio el cual genera nuevos hábitos de ocupación.
- La gestión se hace bajo demanda del usuario, lo cual en principio supondría una respuesta adecuada a las necesidades de cada uno, pero al final supone una gestión redundante y poco eficiente. Si el sistema controlara las temperaturas de confort y administrara el aporte de frío y calor en función de temperaturas de referencia seguramente la eficiencia en el consumo sería mayor.

Habría que ver si la infraestructura disponible en el edificio permitiría hacer este tipo de gestión, o en su caso, que mejoras se podrían realizar (Opción de Mantenimiento)

- Parece ser que durante el día, no hay ninguna gestión de la producción de calor y frío (escalonamiento de calderas, por ejemplo) sino que la producción es todo o nada, encendido o apagado. Esto daría para una gestión mucho más cuidadosa que disminuya el consumo.
- El edificio está monitorizado por el sistema de gestión SAUTER, del cual probablemente no se aprovecha todo su potencial como herramienta de gestión. Con este sistema además de controlar los horarios de funcionamiento del sistema de climatización, se pueden controlar todos los equipos, saber a qué hora se encienden y se apagan.

Vale la pena reflexionar de porque no se utiliza al máximo el sistema y si es necesario este tipo de programas para realizar la gestión que finalmente se hace.

- En el sistema de refrigeración, el usuario puede manejar los Fancoils según su gusto, esto no es tan eficiente ya que en algunos casos los usuarios no se ponen de acuerdo y mientras se esta climatizando el espacio abren las ventanas.
Se requeriría un trabajo de información al usuario y de compromiso mutuo para mejorar en este sentido
- De acuerdo con la opinión de algunos usuarios, las temperaturas de impulsión del aire del sistema de calefacción aparentemente son muy altas, lo que por la ubicación de los fancoils y la cercanía con los usuarios podría producir que los usuarios no se sientan confortables y tengan que abrir las ventanas para ventilar.

Valdría la pena revisar de forma conjunta con los gestores del edificio si en realidad estas condiciones son inconfortables para el usuario.

- No esta claro por la información que se dispone cual es el límite entre invierno y verano, cual es la gestión del sistema de climatización en las épocas intermedias. Por lo observado en las curvas de confort y en la evolución del consumo de gas podría haber redundancia de aporte tanto de calor como de frío en estas épocas.
- Los Fancoils son manipulados por los usuarios en la mayoría de los espacios. Los usuarios los ponen en marcha pero no se encargan de apagarlos, por lo que quedan encendidos después de utilizar el espacio. Estos se apagan cuando el sistema de climatización se apaga, pero una vez se pone en marcha al día siguiente estos se encienden nuevamente. Este es un caso frecuente en las aulas, las cuales no tienen una ocupación constante y en algunos casos el espacio es climatizado sin ser utilizado.

3.4 Sobre las condiciones de confort

- El asoleamiento del edificio y la gestión de los elementos de control solar por parte de los usuarios hace que espacios situados en un mismo piso tengan diferentes comportamientos térmicos y que en un mismo espacio, las diferentes fachadas tengan comportamiento térmico variable, presentando diferentes condiciones de confort en un mismo despacho.
- El edificio tiene muchas ganancias térmicas durante el día, debido a los equipos utilizados y la disipación de calor asociada. Al permanecer cerrado durante la noche una vez finalizada la jornada laboral, no puede liberar toda esta energía acumulada, impidiendo que el edificio este mas fresco en las horas de la mañana al comenzar la jornada laboral. Como consecuencia, los espacios se calientan con más facilidad al recibir las cargas térmicas al día siguiente.

- En los meses de verano, cuando se enciende la climatización a las 7 de la mañana, se baja notablemente la temperatura de los espacios debido a la ocupación escalonada que hay en la mañana. Podría repensarse el horario de funcionamiento de los sistemas de climatización para esta época del año para hacer una “puesta a punto” de la temperatura menos forzada y menos consumidora de energía.
- Aunque todos los espacios del edificio están climatizados, no todos presentan temperaturas dentro del rango de confort teórico fijado, 25°C, durante las horas de la jornada laboral. Esto puede deberse al mal uso de los sistemas de climatización por parte de los usuarios y/o a las altas cargas térmicas recibidas a lo largo del día que hacen que la temperatura al interior no sea estable.

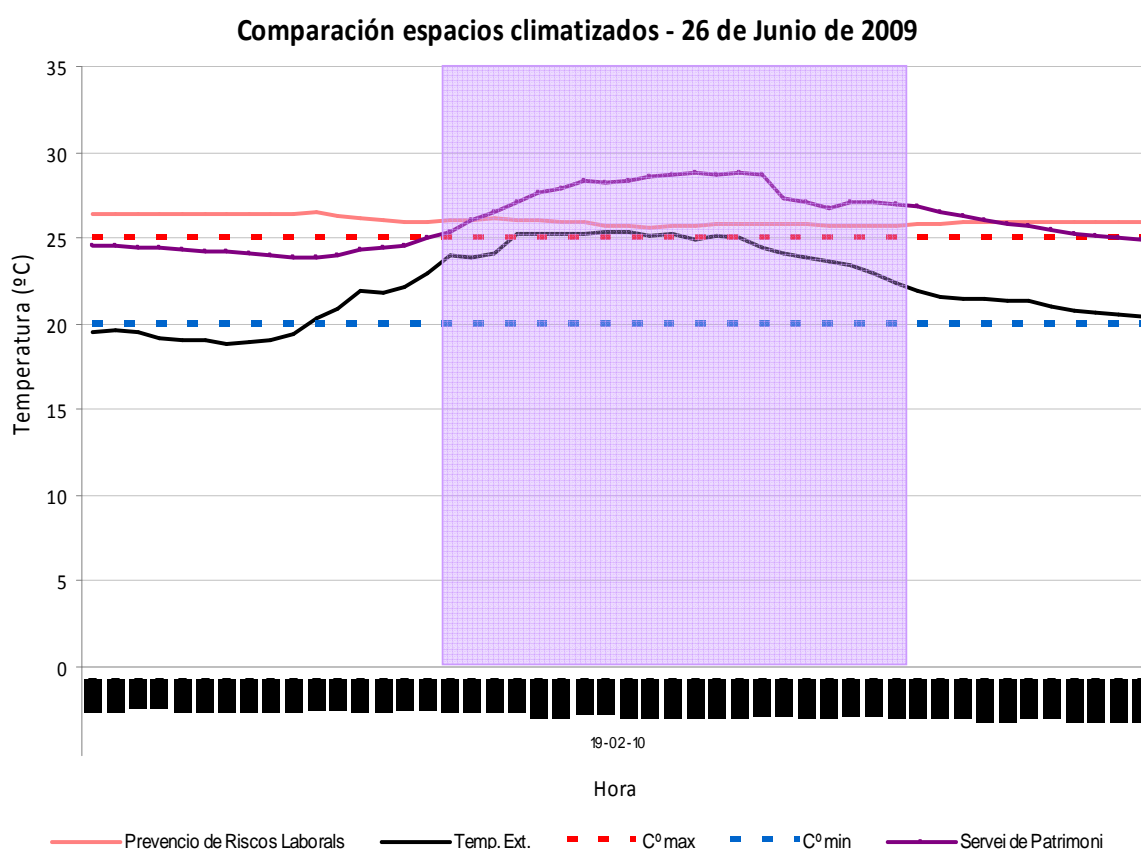


Figura 115. Comparación comportamiento térmico de dos espacios climatizados
Fuente: Elaboración propia

En la grafica anterior se presenta la comparación de la evolución de las temperaturas interiores de un día tipo de dos espacios de estudio climatizados.

La curva de color rojo representa la evolución de temperatura del espacio utilizado por el “servei de prevenció de riscos” y la curva azul del espacio utilizado por el “Servei de patrimoni”, la curva de color negro representa la temperatura exterior.

Prevenció de riscos laborals presenta temperaturas constantes a lo largo del día, mientras que Servei de patrimoni, a pesar de estar climatizado, presenta una evolución libre, similar a la temperatura exterior.

- En los meses de invierno se han presentado comentarios sobre condiciones de disconfort en la conserjería debido a la abertura permanente de la puerta, permitiendo la entrada de aire frío al hall del edificio y como consecuencia enfría este espacio.

Se realizó un seguimiento de las temperaturas del espacio durante dos semanas del mes de febrero de 2010.

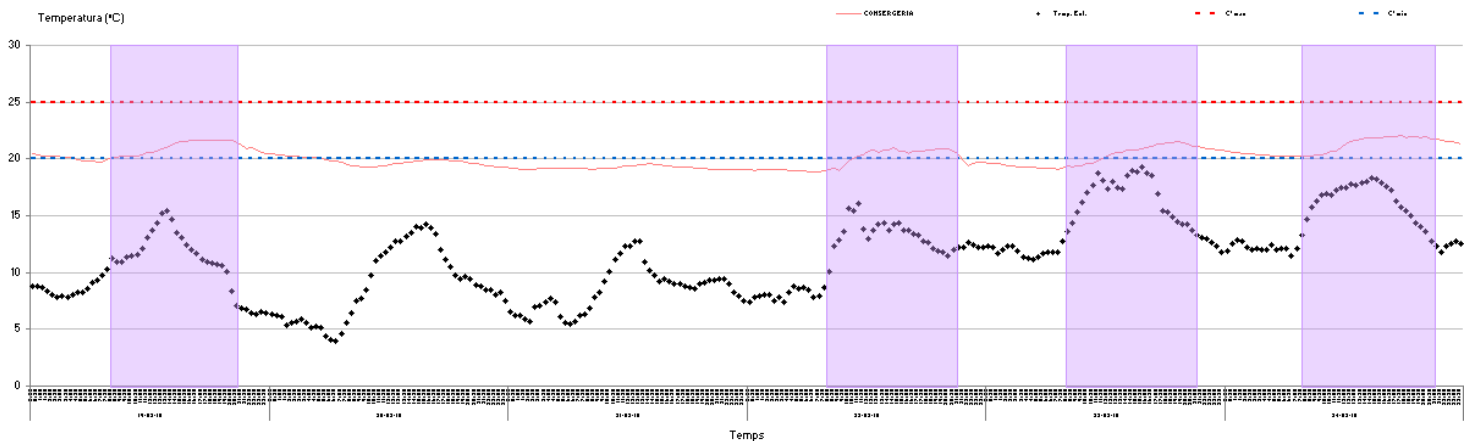


Figura 116. Seguimiento del comportamiento energético de la Conserjería
Fuente: Elaboración propia

A pesar de que durante algunas horas del comienzo del día las temperaturas se encuentran por debajo del rango de confort teórico, durante buena parte del día estas se mantienen dentro de los niveles de confort. En todo caso el disconfort de los usuarios parece estar asociado al movimiento del aire que se genera al abrir y cerrar las puertas de acceso al edificio más que a la temperatura.

Se debería estudiar la posibilidad de disminuir el efecto directo sobre los usuarios de la corriente de aire que se genera desde la puerta principal

3.5 Sobre el consumo

- El consumo total de energía del edificio (suma de consumos parciales de gas y electricidad) muestra un gran porcentaje de "consumo de fondo" con valores alrededor de 80 kWh que en cualquier caso deberían ser revisados y estudiados de forma detallada con los responsables de gestión de edificio.

Esto supone que el edificio vacío sin ningún tipo de uso ya sea entre semana o en fines de semana está consumiendo 80kW cada hora y supone un despilfarro energético muy grande.

En números aproximados son alrededor de 300,000 kWh, que se consumirían al año sin que estén asociados a ningún uso en concreto.

Si tomamos como referencia que una vivienda estándar de 90m² (y 3 usuarios), en Barcelona, consume al año alrededor de 10,000 kWh por todos los conceptos (calefacción, iluminación, cocina, etc.) estaríamos

concluyendo que al año el edificio Vértex consume el equivalente al consumo anual de 30 viviendas mientras esta desocupado.

- Actualmente el edificio solo tiene monitorización de consumo eléctrico mediante la herramienta SIRENA. Los consumos de gas y agua se obtienen por medio de las facturas, impidiendo tener un control mas detallado del consumo de estos.

Podría realizarse la monitorización del consumo de gas del edificio mediante la herramienta SIRENA (tal como se hace con el consumo eléctrico), permitiendo tener lecturas mas exactas del consumo de los equipos de climatización y de esta manera saber que tan eficiente es el uso de estos.

- Las graficas de evolución de las temperaturas demuestran en la mayoría de periodos estudiados que en las horas de uso habitual del edificio se presenta disconfort térmico esto quiere decir que toda la energía que se consume para acondicionar climáticamente los espacios no es eficaz (ya no hablemos de eficiencia)

4. Opciones de mejora

4.1 Sobre la envolvente

- Implementar elementos de protección solar que permita aprovechar la iluminación natural, las ganancias térmicas en invierno y que no afecte las temperaturas al interior de los espacios por incidencia solar directa en verano.

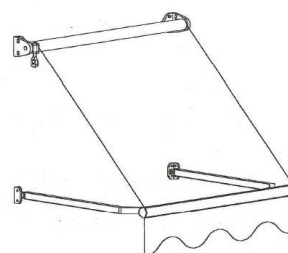
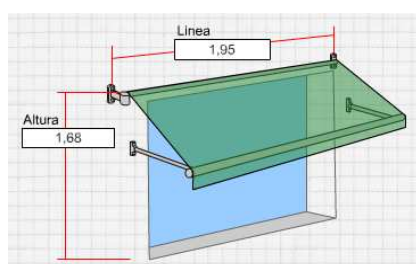
La implementación de un sistema más eficiente de protección solar, además de disminuir el consumo eléctrico de la iluminación artificial, disminuye la demanda de climatización en verano.

A continuación se presentan algunas alternativas de sistemas de protección solar:

- Toldos:

Los toldos son utilizados como sistemas de protección solar exteriores manipulables por el usuario, permitiendo moverlos según el recorrido del sol a lo largo del día.

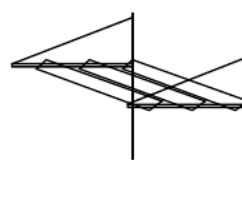
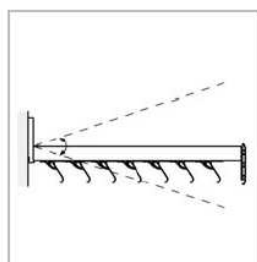
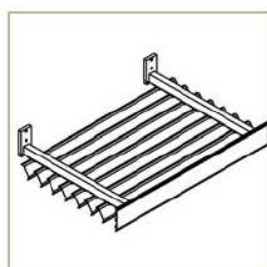
Además de Proteger del sol y evitar que las ganancias térmicas entren al edificio, permite tener mayor aprovechamiento de la iluminación natural. Sería óptimo tener uno en cada una de las ventanas del edificio. El toldo puede que cambie la estética del edificio.



- Aleros:

Los aleros son utilizados como sistemas de protección solar exteriores fijos, los cuales son dimensionados según la trayectoria solar, evitando la radiación solar en verano y aprovechándola en invierno. Al igual que los toldos, evita las ganancias térmicas y permite un mayor aprovechamiento de la iluminación natural.

Existen aleros macizos y con lamas. Para evitar un cambio tan grande en la estética del edificio se recomienda utilizar el alero de lamas.

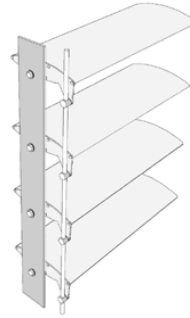


- Lamas:

Las lamas son sistemas de protección solar exterior que pueden ser fijos o móviles variando su ángulo de inclinación.

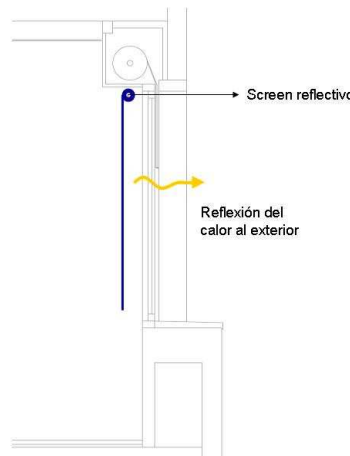
Esta compuesto por un número determinado de lamas, con una distancia calculada según la trayectoria solar, permitiendo al entrada de luz natural.

Se recomienda el uso de lamas horizontales en las fachadas Sureste y Suroeste y lamas verticales en las fachadas Noreste y Noroeste.



- Screen reflectivo:

A pesar de ser la opción menos recomendable respecto a las anteriores (ya que el calor ya está en el interior del local cuando actúa la barrera), el screen reflectivo, reduce la cantidad de calor entrante al espacio, reflejándolo hacia el exterior, permitiendo la entrada de luz natural.



- Láminas de control solar:

Las laminas de control solar son un sistema de protección solar fijo, que se instala directamente sobre el cristal de la ventana. Estas láminas reflejan el calor producido por los rayos solares y permiten el aprovechamiento de la iluminación natural.

Es una opción que no cambia la estética del edificio, pero no es tan eficiente como las opciones presentadas anteriormente, ya que permite la entrada de parte de la energía solar.

Para valorar la incidencia de la incorporación de unas protecciones solares adecuadas en las diferentes aberturas expuestas del edificio, se realizaron nuevos cálculos con el programa LIDER, simulando el 70% de protección de solar en las ventanas del edificio durante el período de verano.

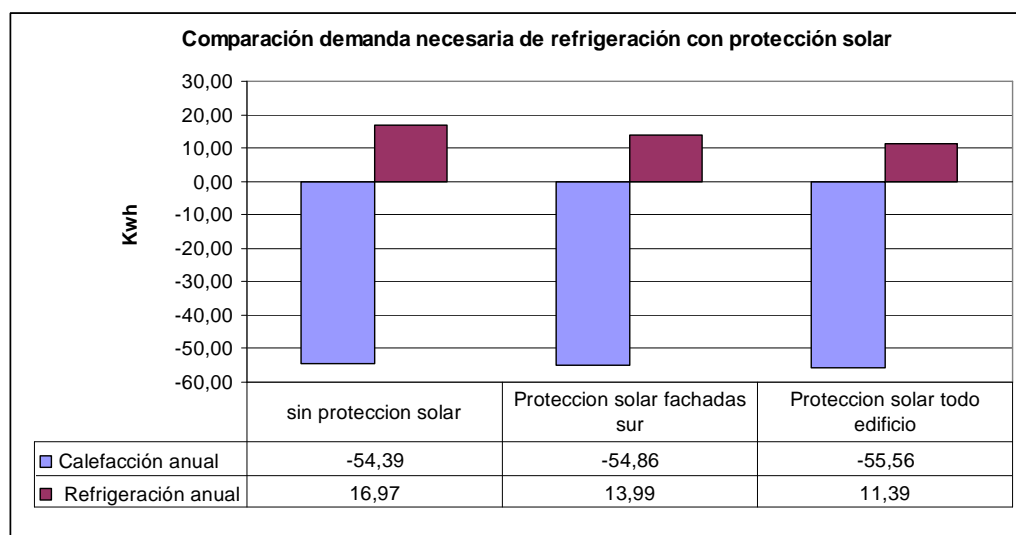


Figura 117. Comparación de la demanda necesaria de refrigeración implementando sistemas de protección solar. Fuente: Elaboración propia

El primer cálculo se realizó con protección solar en las fachadas Sureste y suroeste y se obtuvo un ahorro del 18% en el sistema de refrigeración y un ligero aumento del 1% en el sistema de calefacción.

El segundo cálculo se realizó con protección solar en todas las fachadas del edificio y el ahorro en el sistema de refrigeración aumentó a un 33% y el sistema de calefacción aumentó en un 2%.

| POTENCIA NECESARIA CALEFACCIÓN (kWh) | | |
|--------------------------------------|-------|--------|
| Pot. Necesaria | kWh | Kg CO2 |
| Estado Actual | 54,39 | 27,89 |
| Prot. Sola fachada Sur | 54,86 | 28,13 |
| Proteccion solar todo | 55,56 | 28,49 |

| POTENCIA NECESARIA REFRIGERACIÓN (kWh) | | |
|--|-------|--------|
| Pot. Necesaria | kWh | Kg CO2 |
| Estado Actual | 16,97 | 8,70 |
| Prot. Sola fachada Sur | 13,99 | 7,17 |
| Proteccion solar todo | 11,39 | 5,84 |

Si estos ahorros se relacionan con el consumo anual de energía para refrigerar los espacios del edificio, se podría obtener la repercusión energética, económica y de CO₂ que supondría esta intervención. Desafortunadamente no se dispone del valor de consumo de refrigeración y calefacción segregado.

4.2 Sobre los sistemas

4.2.1 Sistemas de climatización

- Como se ha mencionado, el cambio de uso del edificio ha generado nuevos hábitos de ocupación, creando un cambio en los horarios y el volumen de Usuarios reales en los espacios.

Sería recomendable estudiar de forma detallada el diseño de los sistemas de clima y valorar la posibilidad de acondicionar escalonadamente no a toda potencia desde la mañana cuando los espacios aun no están ocupados en su totalidad en verano.

- De acuerdo con las posibilidades de las instalaciones, contemplar la posibilidad de que cuando se apague todo el sistema de climatización en la

noche, al otro día no se vuelvan a encender automáticamente los Fancoils. Estos podrían apagarse y que no se enciendan sino cuando lo vuelva a hacer el usuario. De esta manera, se concientizaría a los usuarios del edificio del uso correcto de los fancoils y se puede convertir en parte de su rutina el uso adecuado de estos aparatos.

- Sería recomendable estudiar si es factible retirar los fancoils de las zonas comunes de las plantas 01 y 02, con el objetivo de reducir el consumo que estos generan innecesariamente. Como se mencionó anteriormente, estos espacios comunes son utilizados puntualmente, por lo cual es ineficiente energéticamente tenerlos encendidos durante todo el día.

4.2.2 Sistemas de iluminación

- En el apartado del análisis de la demanda lumínica, se encontró que en algunos espacios como el aula, Servei de Patrimoni y Servei de personal la iluminación artificial se encuentra por encima de los valores exigidos por la norma.

Se propone como opción de mejora, la reducción de la cantidad de luminarias para disminuir el consumo eléctrico y mejorar las condiciones de confort lumínico al interior de los espacios.

Actualmente el aula cuenta con tres hileras de 4 cuatro luminarias cada una, teniendo un valor de eficiencia energética de 10,95W/m².

Si se reduce una luminaria en cada una de las hileras, es decir, 3 luminarias, el espacio continuaría cumpliendo con la norma, 300 lux, y tendría un valor de eficiencia energética de 8,21 W/m².

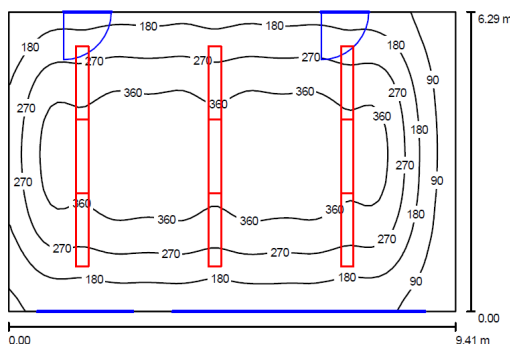


Figura 118. Propuesta iluminación artificial Aula 215

Fuente: Elaboración propia

Según las estimaciones realizadas el consumo lumínico anual actual del aula está alrededor de los 881,1 kWh el cual se reduciría a 660,9 kWh reduciendo a 9 el número de luminarias. Esto implica una reducción del 25% del consumo.

La reducción de luminarias podría aplicarse en el resto de las aulas que pueden tener condiciones similares, aumentando aun más el ahorro energético en iluminación.

En el caso de Servei de patrimoni la reducción de luminarias sería en el pasillo, el cual tiene valores de iluminación más altos que los puestos de trabajo.

Si se reduce el número de luminarias en el pasillo, dejando las necesarias para cumplir con el valor de 300 lux exigido por la norma, el consumo lumínico disminuiría en un 25%.

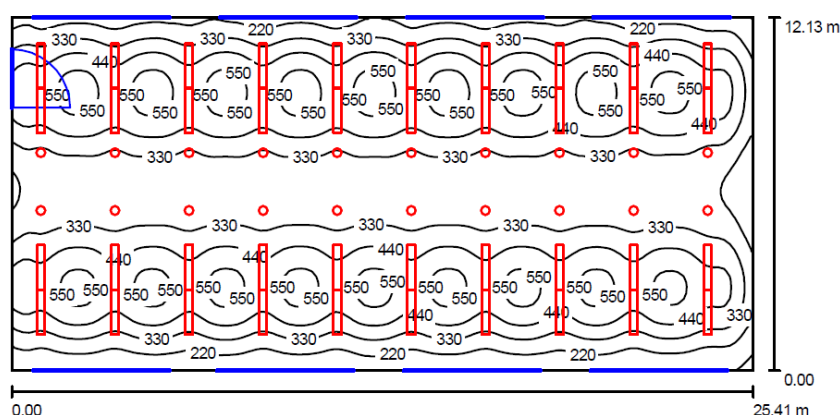


Figura 119. Propuesta iluminación artificial Servei de Patrimoni
Fuente: Elaboración propia

Eliminando las 37 luminarias del pasillo el consumo lumínico anual de Servei de patrimoni de 7104,8 kWh se reduciría a 5293,6 kWh al año. Servei de personal tiene unas condiciones lumínicas similares a Servei de Patrimoni, presentando tambien los valores más altos en el pasillo.

Si se reduce el número de luminarias en el pasillo, dejando las necesarias para cumplir con el valor de 300 lux exigido por la norma, el consumo lumínico disminuiría en un 30%.

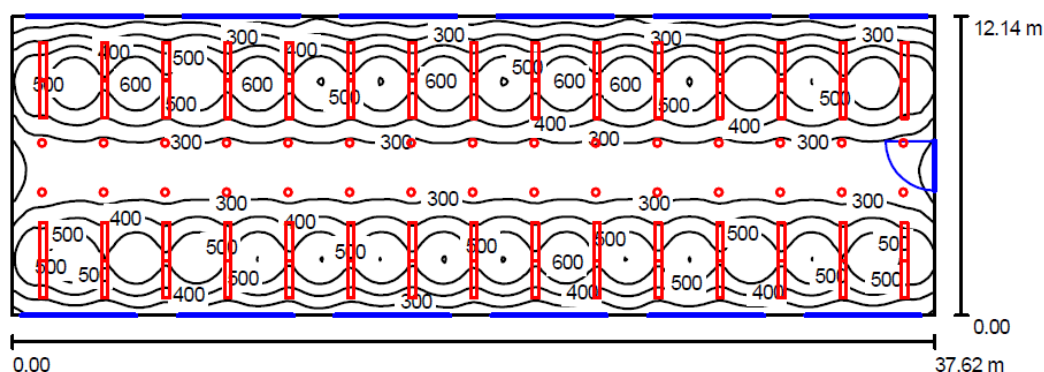


Figura 120. Propuesta iluminación artificial Servei de Personal
Fuente: Elaboración propia

Eliminando las 47 luminarias del pasillo el consumo lumínico anual de Servei de personal de 7709,1 kWh se reduciría a 5408,4 kWh al año. Se recomienda realizar un estudio mas detallado de la iluminación de los espacios del edificio con el objetivo de tener datos exactos del posible ahorro energético.

- Con el objetivo de aprovechar al máximo la iluminación natural de los espacios, seria recomendable instalar fotosensores en los puestos cercanos a las ventanas que permitieran la adaptación de la luz natural y artificial en los espacios. De igual manera seria necesario zonificar aun más las luminarias permitiendo encender por separado las que están más cerca de las ventanas.

Estos fotosensores permitirían aprovechar al máximo la luz natural, encendiendo las luminarias solo cuando la iluminación natural no sea suficiente.

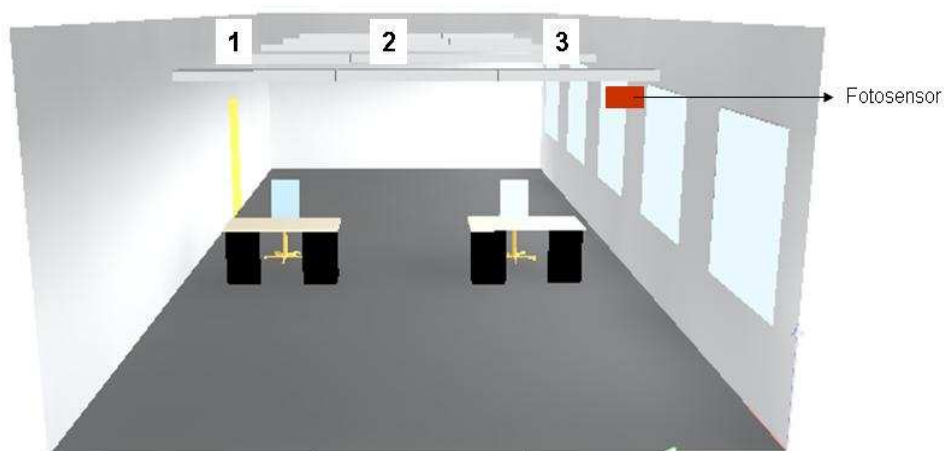


Figura 121. Propuesta aprovechamiento iluminación natural en los despachos
Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la grafica anterior, con el fotosensor seria posible encender las luminarias según las necesidades de iluminación. En este caso se han numerado las luminarias con el orden de encendido que deberían seguir permitiendo adaptar la iluminación artificial con la natural.

4.2.3 Otros sistemas

- Se realizó el cálculo del consumo eléctrico de los ordenadores del edificio, obteniendo como resultado un consumo de 76811,7 kWh/año, equivalente al 6% del consumo eléctrico total del edificio.

Teniendo en cuenta que el consumo eléctrico de los portátiles es inferior al 50% del consumo eléctrico de los ordenadores, el uso de portátiles en los despachos podría ser considerado como una alternativa de ahorro energético.

En algunos despachos ya se esta fomentando el uso de los ordenadores portátiles, este seria una buena alternativa a tener en cuenta en el momento de renovar los equipos informáticos de los despachos.

| Energia | kWh/ año |
|--------------------|--------------|
| Modo encendido | 141,6 |
| Modo apagado | 1,8 |
| Modo de espera | 13,8 |
| Aire acondicionado | 8,7 |
| Total | 165,9 |

Consumo anual ordenador

| Energia | kWh/ año |
|--------------------|-----------|
| Modo encendido | 61,2 |
| Modo apagado | 1 |
| Modo de espera | 5,1 |
| Aire acondicionado | 3,7 |
| Total | 71 |

consumo anual portátil

| CONSUMO ORDENADORES | | | | | |
|--|--------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| Espacio | Número Ordenadores | Consumo por ordenador (kWh/año) | Consumo total (kWh/año) | Consumo por ordenador (kWh/año) | Consumo total (kWh/año) |
| UPCNET | 110 | 165,9 | 18249 | 71 | 7810 |
| GTPAE | 14 | 165,9 | 2322,6 | 71 | 994 |
| CTT | 56 | 165,9 | 9290,4 | 71 | 3976 |
| Servei de Promoció y comunicació | 10 | 165,9 | 1659 | 71 | 710 |
| Oficina Doctorat | 8 | 165,9 | 1327,2 | 71 | 568 |
| Servei de Gestió academica | 21 | 165,9 | 3483,9 | 71 | 1491 |
| Oficina EEES | 3 | 165,9 | 497,7 | 71 | 213 |
| PANGEA | 3 | 165,9 | 497,7 | 71 | 213 |
| Conserjería | 1 | 165,9 | 165,9 | 71 | 71 |
| Registro | 1 | 165,9 | 165,9 | 71 | 71 |
| ICE | 30 | 165,9 | 4977 | 71 | 2130 |
| CITIES | 13 | 165,9 | 2156,7 | 71 | 923 |
| GEOS | 4 | 165,9 | 663,6 | 71 | 284 |
| Servei de Economia | 29 | 165,9 | 4811,1 | 71 | 2059 |
| Vicegerencia | 2 | 165,9 | 331,8 | 71 | 142 |
| Unitat PRISMA | 18 | 165,9 | 2986,2 | 71 | 1278 |
| Servei de Desenvolupament Organizatiu | 7 | 165,9 | 1161,3 | 71 | 497 |
| Servei de prevenció de riscos laborals | 11 | 165,9 | 1824,9 | 71 | 781 |
| Catedra UNESCO de Direcció universitaria | 16 | 165,9 | 2654,4 | 71 | 1136 |
| Servei de Patrimoni | 26 | 165,9 | 4313,4 | 71 | 1846 |
| Servei de desenvolupament professional | 15 | 165,9 | 2488,5 | 71 | 1065 |
| Servei de personal | 51 | 165,9 | 8460,9 | 71 | 3621 |
| Secretaria | 1 | 165,9 | 165,9 | 71 | 71 |
| Vicegerencia | 13 | 165,9 | 2156,7 | 71 | 923 |
| TOTAL | 463 | - | 76811,7 | - | 32873 |

Tabla 25. Cálculo aproximado de ahorro en el consumo de ordenadores

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta esta recomendación, se podría reducir el consumo eléctrico anual de los ordenadores en un 43%.

4.3 Sobre la gestión

4.3.1 Sistemas de climatización

- Actualmente el edificio esta ocupado entre el 80% y el 100% en las horas de la mañana y en la tarde la ocupación se reduce a cerca del 50%, esto podría significar que los sistemas principales de climatización, calderas y refrigeradoras, se pusieran en marcha según la ocupación.

De igual manera podría plantearse tener un horario de climatización estacional para verano, invierno, otoño y primavera según los horarios de la jornada laboral y la variación climática.

El sistema SAUTER permitiría gestionarlo.

- Revisar y probablemente replantear las temperaturas de consigna de los sistemas de acondicionamiento, por debajo de 10°C no permite la producción de frío y por encima de 30°C no permite la producción de calor. El cambio de estos valores según la temperatura exterior y del ambiente, podría incrementar el ahorro energético.

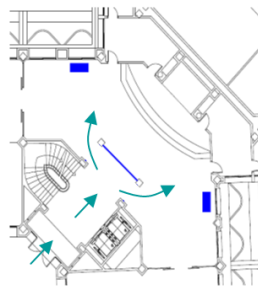
Para realizar estos cambios seria necesario realizar un estudio mas detallado para poder determinar las temperaturas adecuadas.

- Potenciar el uso de SAUTER como un verdadero sistema de gestión integrado de todas las instalaciones del edificio, una manera de evaluar la eficiencia energética del edificio es controlando su consumo.
- Tener un sistema de medición que permita saber el consumo y la temperatura de los espacios a los usuarios y a mantenimiento. Actualmente se dispone de la herramienta SIRENA en la cual se puede ver el consumo eléctrico on-line, los consumos anuales de gas y agua y de los aparatos de medición de temperatura y humedad instalados en los espacios de estudio.

Sería necesario integrar toda esta información, vincular el seguimiento on-line de gas y agua en SIRENA y disponer de equipos de permanentes de seguimiento de confort en los diferentes espacios del edificio (La firma DEXMA, por poner un ejemplo empleado en otros edificios UPC, ofrece monitorización inalámbrica de consumos energéticos y parámetros ambientales)

Hacer pública esta información, podría formar parte del trabajo de sensibilización de los usuarios del edificio al conocer el consumo que genera su actividad profesional.

- Para el caso del desconfort que se genera en la zona de vestíbulo y recepción en planta baja, se propone más que una respuesta desde los sistemas de climatización (cortinas de aire por ejemplo) estudiar la posibilidad de incorporar un elemento que sirva de barrera para las corrientes de aire que desde la puerta de acceso se generan hacia la conserjería. Una mampara de vidrio entre los pilares que se encuentran delante del mostrador, permitiría que la circulación hacia las diferentes zonas de la planta baja se mantenga y que en cambio el personal de conserjería no reciba la corriente de aire frío directamente. Esta solución no supone ninguna modificación del sistema de climatización o una inversión demasiado elevada, y podría ayudar a mejorar sensiblemente las condiciones de confort



Adicionalmente, esta solución si se extrapolara a otras plantas del edificio permitiría en el futuro plantear la posibilidad de "desconectar" del sistema de acondicionamiento climático todas las zonas de vestíbulo delante de los ascensores, que al estar comunicadas verticalmente constituyen un verdadero trasvase de aires entre plantas en una zona que no requiere de unas condiciones climáticas rigurosas. Si se incorporaran puertas de vidrio al salir de los ascensores de cada planta hacia los pasillos, se podría realizar esta desconexión y dejar de acondicionar (XXXXm²) que suponen un gasto energético considerable e innecesario.

4.3.2 Sistemas de iluminación

- Permitir que la iluminación en los espacios se pueda sectorizar aun más, por ejemplo encender primero las luminarias que están ubicadas más lejos de las ventanas, aprovechando al máximo la iluminación natural en los espacios que lo permitan.
- Considerar el cambio de las luminarias actuales por luminarias tipo T5, las cuales reducen aproximadamente el 15% de la potencia ofreciendo la misma prestación.

| Espacio | Cantidad Luminarias | Potencia (kW) | Potencia Instalada | Horas uso | Consumo Anual (kWh) | Kg CO2 anuales |
|--|---------------------|---------------|--------------------|-----------|---------------------|----------------|
| CITIES | 15 | 0,0493 | 0,7395 | 4 | 624,1 | 320,1 |
| GEOS | 8 | 0,0493 | 0,3944 | 4 | 332,9 | 170,7 |
| Servei de Personal | 80 | 0,0493 | 3,944 | 4 | 6552,7 | 3360,4 |
| | 47 | 0,0493 | 2,3171 | 4 | | |
| | 34 | 0,0442 | 1,5028 | 4 | | |
| Servei de Patrimoni | 92 | 0,0493 | 4,5356 | 4 | 6039,1 | 3097,0 |
| | 37 | 0,0493 | 1,8241 | 4 | | |
| | 18 | 0,0442 | 0,7956 | 4 | | |
| Servei de prevenció de riscos laborals | 18 | 0,0493 | 0,8874 | 4 | 749,0 | 384,1 |
| Aula 215 | 12 | 0,0493 | 0,5916 | 6 | 749,0 | 384,1 |
| CONSUMO TOTAL ESPACIOS DE ESTUDIO | | | | | 15046,7 | 7716,3 |

Tabla 26. Cálculo aproximado de ahorro en el consumo de luminarias

Fuente: Elaboración propia

Con el cambio de luminarias, se disminuiría el consumo anual de iluminación en un 25%. El consumo anual de los espacios de estudio de 17702,1 kWh se reduciría a 15046,7 kWh.

4.3.3 Otros sistemas

- El edificio presenta un consumo de fondo muy alto, 80kWh, se debería revisar detalladamente como se produce este consumo con el, objetivo de reducirlo de forma decidida. Cuando hablamos de la reducción consumos tan altos, cualquier inversión se rentabiliza rápidamente.
- La gestión del uso de los ordenadores es fundamental en el consumo energético del edificio. Opciones como el apagado centralizado que ya se imponen en Europa (Ver proyecto Save 5E en el que participo CITIES), permitirían ahorrar bastante energía no solo directamente consumida sino en forma de calor disipado en los locales a evacuar por los sistemas de climatización.

| CONSUMO ORDENADORES | | | | | |
|--|--------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| Espacio | Número Ordenadores | Consumo por ordenador (kWh/año) | Consumo total (kWh/año) | Consumo por ordenador (kWh/año) | Consumo total (kWh/año) |
| UPCNET | 110 | 165,9 | 18249 | 151,3 | 16643 |
| GTPAE | 14 | 165,9 | 2322,6 | 151,3 | 2118,2 |
| CTT | 56 | 165,9 | 9290,4 | 151,3 | 8472,8 |
| Servei de Promoció y comunicació | 10 | 165,9 | 1659 | 151,3 | 1513 |
| Oficina Doctorat | 8 | 165,9 | 1327,2 | 151,3 | 1210,4 |
| Servei de Gestió acadèmica | 21 | 165,9 | 3483,9 | 151,3 | 3177,3 |
| Oficina EEES | 3 | 165,9 | 497,7 | 151,3 | 453,9 |
| PANGEA | 3 | 165,9 | 497,7 | 151,3 | 453,9 |
| Conserjería | 1 | 165,9 | 165,9 | 151,3 | 151,3 |
| Registro | 1 | 165,9 | 165,9 | 151,3 | 151,3 |
| ICE | 30 | 165,9 | 4977 | 151,3 | 4539 |
| CITIES | 13 | 165,9 | 2156,7 | 151,3 | 1966,9 |
| GEOS | 4 | 165,9 | 663,6 | 151,3 | 605,2 |
| Servei de Economia | 29 | 165,9 | 4811,1 | 151,3 | 4387,7 |
| Vicegerencia | 2 | 165,9 | 331,8 | 151,3 | 302,6 |
| Unitat PRISMA | 18 | 165,9 | 2986,2 | 151,3 | 2723,4 |
| Servei de Desenvolupament Organizatiu | 7 | 165,9 | 1161,3 | 151,3 | 1059,1 |
| Servei de prevenció de riscos laborals | 11 | 165,9 | 1824,9 | 151,3 | 1664,3 |
| Catedra UNESCO de Direcció universitària | 16 | 165,9 | 2654,4 | 151,3 | 2420,8 |
| Servei de Patrimoni | 26 | 165,9 | 4313,4 | 151,3 | 3933,8 |
| Servei de desenvolupament professional | 15 | 165,9 | 2488,5 | 151,3 | 2269,5 |
| Servei de personal | 51 | 165,9 | 8460,9 | 151,3 | 7716,3 |
| Secretaria | 1 | 165,9 | 165,9 | 151,3 | 151,3 |
| Vicegerencia | 13 | 165,9 | 2156,7 | 151,3 | 1966,9 |
| TOTAL | 463 | - | 76811,7 | | 70051,9 |

Tabla 27. Cálculo aproximado de ahorro en el consumo de ordenadores
Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta esta recomendación, se podría reducir el consumo eléctrico anual de los ordenadores en un 9%.

Esta es una medida que adquiere mucha importancia durante los fines de semana y en los periodos de vacaciones, en los cuales se puede conseguir mas ahorro.

4.4 Sobre las condiciones de confort

- Sería recomendable poder ventilar el edificio en las horas de la noche cuando la temperatura exterior desciende y este no tiene ocupación, con el objetivo de liberar toda esta carga energética y así aprovechar la inercia térmica de los materiales de construcción que permitirían el enfriamiento de la piel y la estructura del edificio retardando el calentamiento de los espacios el día siguiente y reduciendo las necesidades de clima artificial.
- Con el objetivo de mejorar las condiciones de confort del área de conserjería, sería recomendable cerrar las oficinas para evitar que las temperaturas sean influenciadas por el aire frío que entra del exterior debido a la constante abertura de la puerta.

De esta manera, los despachos de conserjería tendrían temperaturas adecuadas durante el invierno.

5. Conclusiones

Habiendo detectados los problemas del comportamiento energético del edificio, se clasificaron en dos grupos: Gestión y uso (Problemas relacionados con los usuarios y mantenimiento) y Edificio (problemas relacionados con las instalaciones y el uso del edificio).

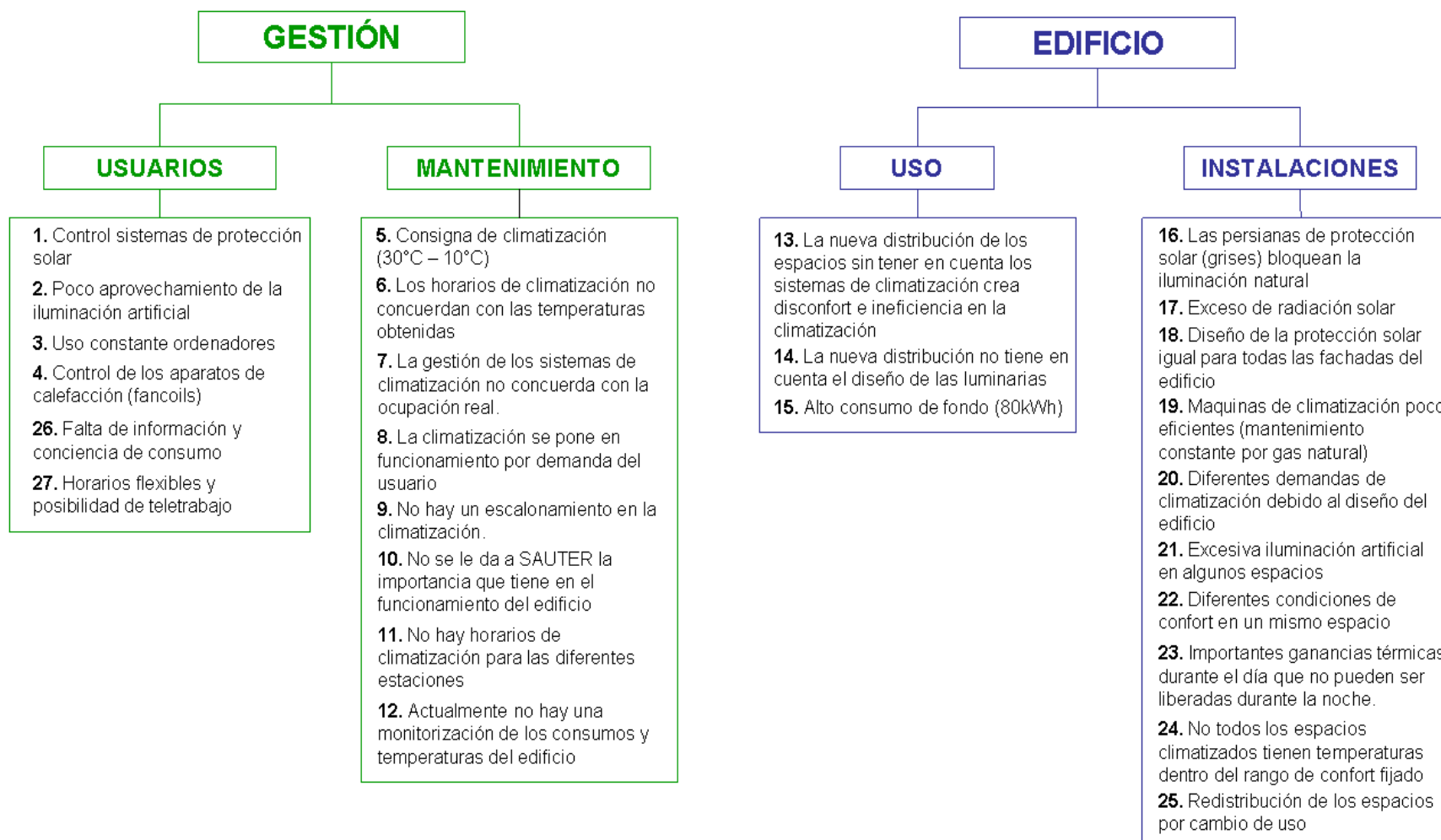


Figura 122. Clasificación de los problemas de comportamiento energético detectados en el edificio. Fuente: Elaboración propia

Una vez clasificados los problemas se relacionaron entre si, con el objetivo de jerarquizarlos y de esta manera identificar los problemas mas importantes en el comportamiento energético del edificio.

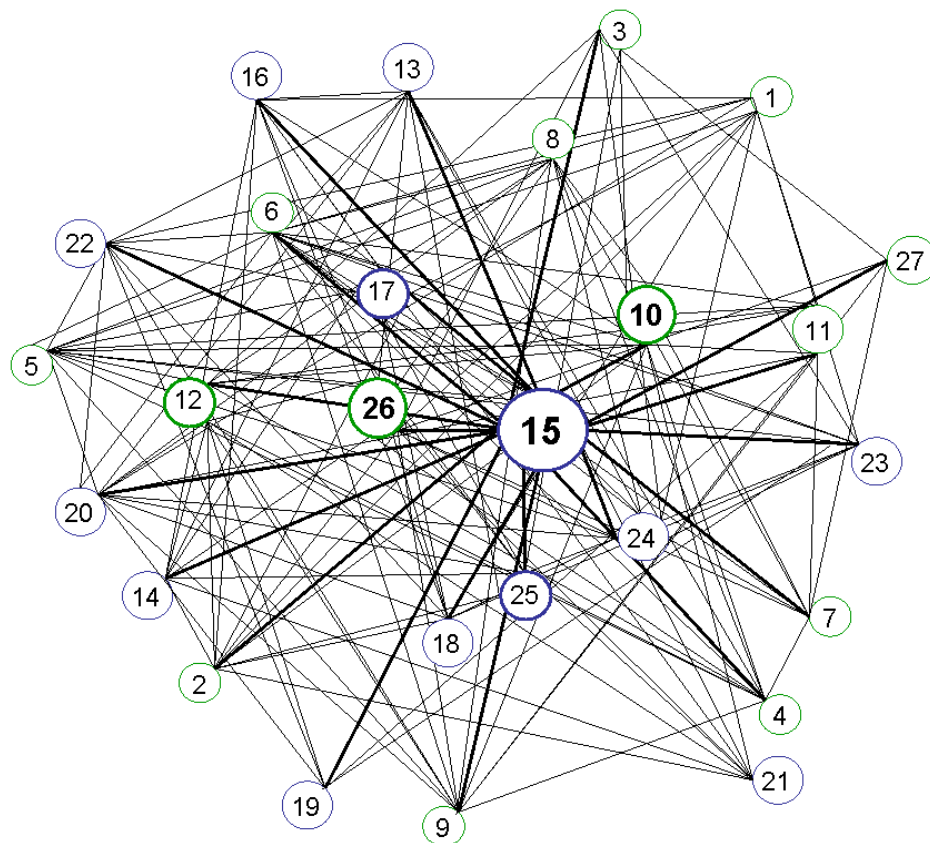


Figura 123. Relación de los problemas de comportamiento energético detectados en el edificio
Fuente: Elaboración propia

Los problemas que se obtuvieron mayor número de relaciones con los demás fueron los siguientes:

- 15. Alto consumo de fondo (24)
- 26. Falta de conciencia e información de los usuarios del edificio (14)
- 10. Poco provecho y atención a SAUTER (14)
- 25. Cambio de uso sin tener en cuenta las instalaciones (13)
- 17. Exceso de radiación solar (12)
- 12. No existe monitorización de consumos y temperaturas del edificio (11)

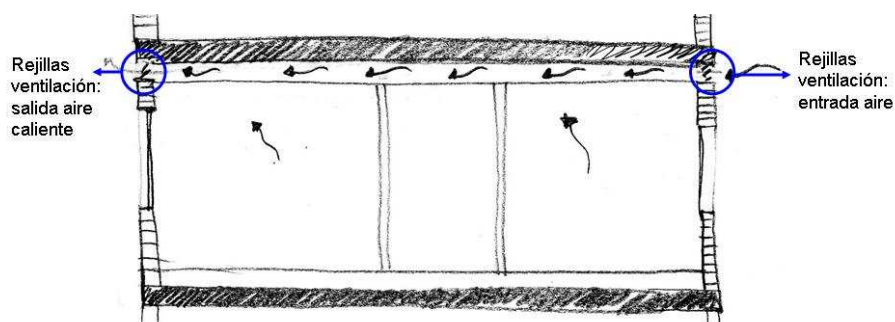
Podemos concluir que los problemas que más relaciones obtuvieron están relacionados con el uso y gestión del edificio y sus instalaciones.

En este caso, los problemas del edificio se deben al cambio de uso y al diseño de este ya que no se tuvo en cuenta su relación con el entorno. Los problemas de uso y gestión se deben al cambio de uso del edificio, a algunos fallos que se presentan en el programa de gestión y al mal manejo de los sistemas de climatización por parte de los usuarios.

Teniendo en cuenta esta jerarquización se crearon las siguientes propuestas con el objetivo de solucionar los problemas planteados:

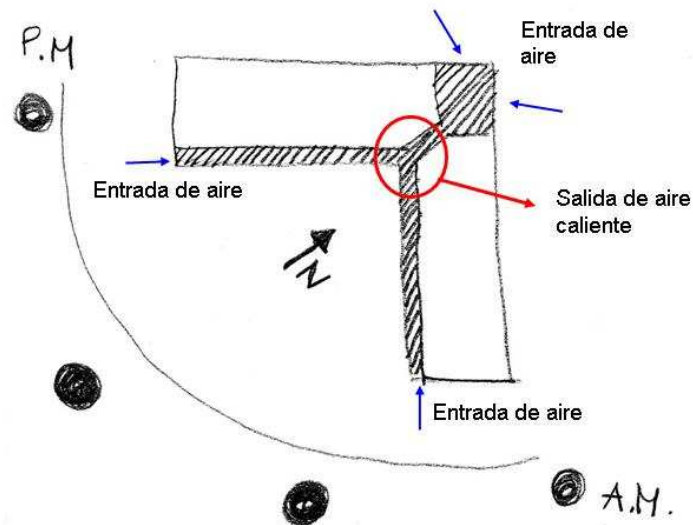
Acciones eficiencia en instalaciones

- Modificar la consigna de climatización según el BOE de la norma RITE de noviembre de 2009, (nuevo Real Decreto 1826/2009) en el cual se limita la temperatura de calefacción de los espacios a 21°C y a 26°C para la refrigeración. La consigna actual es de 30°C para interrumpir la producción de calefacción y 10° para interrumpir la de refrigeración.
- Con el objetivo de ahorrar aun mas en los sistemas de climatización, se harán pruebas con el apagado y encendido de los equipos sin comentarle a los usuarios de los espacios. Por ejemplo apagar el sistema de climatización el las horas donde no sea tan necesario, de esta manera los espacios continuarán climatizados gracias a la inercia térmica del edificio.
- Una reubicación y separación de la iluminación natural en los espacios reducirá el consumo energético y aumentara el uso de la iluminación natural. Es recomendable tener zonificadas las luminarias según su cercanía o lejanía de la ventana, permitiendo optimizar la combinación de la iluminación natural con la artificial.
- Con el objetivo de reducir el calentamiento de los espacios por exceso de radiación solar en las fachadas sur, se recomienda implementar sistemas de protección solar exteriores que no tengan que ser manipuladas por los usuarios. Esto permitirá aprovechar la iluminación natural durante las horas de excesiva radiación solar y los aportes energéticos en los meses de invierno. Esto representará un ahorro en el consumo lumínico y de climatización.
- La implementación del falso techo ventilado permitirá liberar toda la energía acumulada a lo largo del día en las horas de la noche cuando se presentan bajas temperaturas. Esto hará que se enfríe la estructura y los materiales del edificio retardando el calentamiento de los espacios al día siguiente reduciendo la carga de climatización necesaria para estar dentro del rango de confort. Este cielo falso ventilado tendrá unas rejillas que podrán ser reguladas según la época del año.



- El diseño del edificio no se hizo teniendo en cuenta la relación de este con el entorno, razón por la cual la radiación solar en las fachadas sur es un problema para el confort de los espacios con esta ubicación. Por esta razón sería aconsejable replantearse la distribución de los espacios al interior del edificio, la cual pueda favorecer al máximo las condiciones climáticas de los espacios. Sería ideal ubicar los espacios de circulación en las fachadas sur con el objetivo de que sirvan de colchón para los espacios de trabajo evitando que reciban directamente la energía producida por la radiación solar. En el verano época en la cual los aportes térmicos no convienen podría ventilarse naturalmente creando corrientes

a lo largo de todo el espacio de circulación y los espacios comunes, evitando la acumulación de calor producido por la radiación solar.



Acciones uso y gestión

- Con el objetivo de evitar disgustos con los usuarios debido a la nueva consigna de climatización del edificio es necesarios informarlos sobre la norma, además de tener dispositivos en los cuales puedan verificar la temperatura en la cual se encuentran en los espacios, concienciándolos del uso adecuado de la climatización.
- Debido a la flexibilidad de los horarios de trabajo de las diferentes unidades del edificio el horario de climatización es muy amplio para poder cumplir con todos los requerimientos. Con el objetivo de optimizar el uso de los sistemas de climatización, sería recomendable replantearnos la forma en la que se usa el edificio.
Por que no adaptarnos a las instalaciones del edificio y no lo contrario?
Los espacios podrían ser utilizados teniendo en cuenta el horario de trabajo y teniendo el edificio climatizado por sectores según la hora de llegada y la cantidad de personas, de esta manera se optimizará notablemente el uso de los sistemas de climatización.

Es hora de reflexionar y darnos cuenta que no debemos adaptar el edificio a nuestras necesidades, debemos adaptarnos a los servicios que nos brinda el edificio.

- Se propone como horario de lunes a viernes de 8:30 a a 19 h durante la jornada completa. Para los meses de jornada reducida el horario seria de 8 a 16h de lunes a viernes.
Seria optimo cerrar el edificio en el mes de agosto, mes en el cual la ocupación se reduce notablemente.
- Se controlará el uso de los ordenadores, el cual es significativo en el edificio debido a su uso de oficinas. Con el apagado automático, se podrá reducir el consumo durante las horas de la noche y los fines de semana.

- Todos estos cambios se podrán llevar a cabo con la ayuda del programa de gestión SAUTER, creando diferentes horarios de climatización, limitando las consignas de climatización, etc. Este programa de gestión es una herramienta muy potente que permite controlar los espacios del edificio y sus aparatos de climatización. Es necesario tener una persona encargada del funcionamiento de este.
- Crear un sistema general de monitorización y publicación de los consumos del edificio, teniendo en cuenta el consumo de gas, el de agua y las temperaturas de los espacios. De esta manera se podrán tener datos más exactos de los consumos y se podrán calcular los ahorros de una manera mas precisa. Esta información de los consumos deberá ser difundida para que los usuarios y visitantes puedan consultarla y que sean concientes del consumo que genera su actividad laboral. Con esta información será posible involucrar a los usuarios en las opciones de mejora.
- Como se ve en las graficas de temperaturas, el espacio que presenta mayores temperaturas es Servei de patrimoni, el cual esta por fuera del rango de confort durante casi todo el año debido a los altos aportes energéticos. Por esta razón seria recomendable crearle una cubierta ventilada que evitara el sobrecalentamiento del espacio por la radiación solar haciendo el espacio mas habitable. En dado que caso que esta solución no sea suficiente para cumplir con las condiciones de confort, podría dejarse este espacio como una zona de uso puntual por ejemplo como aulas o salas de reuniones, las cuales serian utilizadas durante algunas épocas del año y debido a su menor tamaño el consumo energético para su climatización será menor. También podría utilizarse como un espacio de almacenamiento o de servidores, siguiendo los requerimientos necesarios para que puedan cumplir con esta función. Al no ser habitado, solo por unas horas, no serán tan exigentes en las temperaturas.
- Ocupar el edificio según la época del año pensando siempre en tener las mejores condiciones de confort.

Acciones de demanda

- Las máquinas de climatización utilizadas actualmente funcionan con gas natural, lo que hace que por su mantenimiento no sean tan eficientes. De igual manera, al tener demanda de climatización por lo usuarios hace que no sea eficiente tener encendida una maquina tan grande para prestar servicios puntuales. Seria recomendable poner en marcha las máquinas con un mínimo de demanda, o tener maquinas más pequeñas para que sean encendidas en estos casos, por ejemplo en los meses en los cuales las temperaturas no son tan extremas y no todos los espacios requieren ser climatizados.

6. Bibliografía

Libros

- SERRA FLORENSA Rafael y COCH ROURA Helena. *Arquitectura y energía natural*, Ediciones UPC 1995
- BOSCH GONZÁLEZ Montse, LOPEZ Fabian, RODRIGUEZ Inmaculada, RUIZ Galdric. *Avaluació Energètica d'Edificis :L'Experiència De La UPC , Una Metodologia d'Anàlisi*. Edicions UPC, 2006.
- OLGAY Victor. *Arquitectura y Clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Editorial Gustavo Gili, 2006.

Normativas consultadas

- Código Técnico de la Edificación CTE, Documento básico HE Ahorro de energía. Disponible en <http://www.codigotecnico.org/web/recursos/documentos/>.
- Reglamento de instalaciones térmicas de los edificios, RITE. Disponible en <http://www.idae.es/index.php/mod.pags/mem.detalle/relcategoria.1030/id.27/relmenu.53>
- Norma UNE-EN 12464-1, Parte 1: Iluminación de los lugares interiores de trabajo.

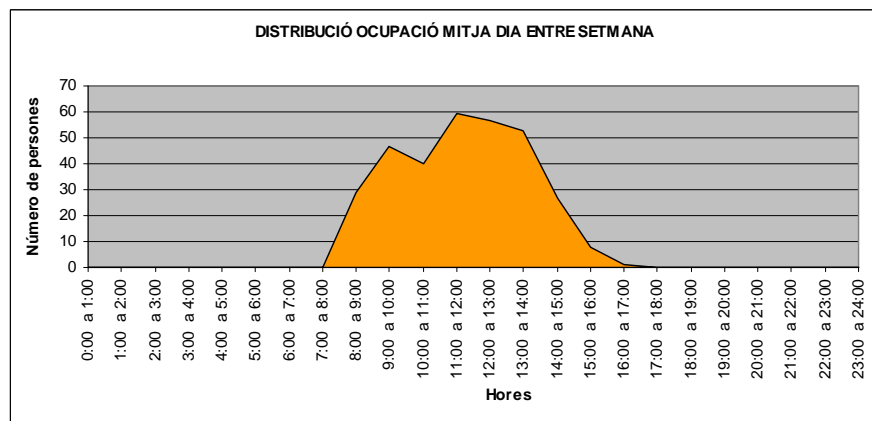
Páginas web consultadas

- <http://www.upc.edu/sostenible2015/edificacion-energia-y-cambio-climatico/proyectos/proyecto-sirena> Consultada por ultima vez en Mayo de 2010
- www.upc.edu/sirena Consultada por ultima vez en Mayo de 2010
- www.energystar.gov Consultada por ultima vez en Mayo de 2010

7. Anexos

7.1 Ocupación del edificio

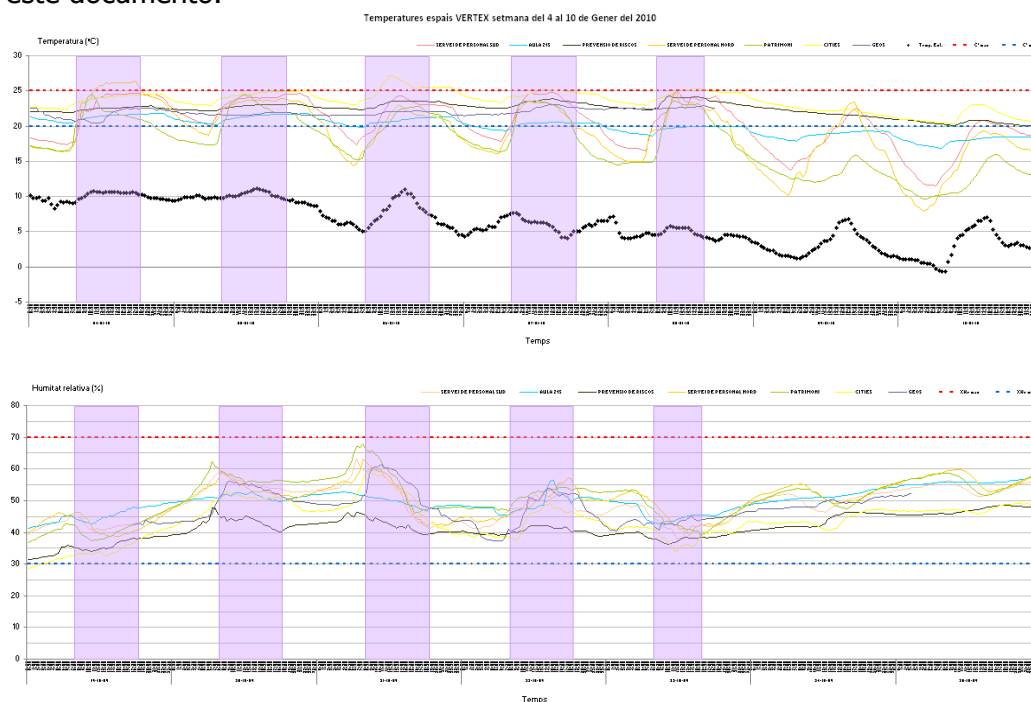
Las gráficas realizadas con la ocupación teorica y la ocupacion real de los espacios de estudio del edificio están detalladas en la carpeta Seguiment i control ocupación, anexa a este documento.



| | 0:00 a 1:00 | 1:00 a 2:00 | 2:00 a 3:00 | 3:00 a 4:00 | 4:00 a 5:00 | 5:00 a 6:00 | 6:00 a 7:00 | 7:00 a 8:00 | 8:00 a 9:00 | 9:00 a 10:00 | 10:00 a 11:00 | 11:00 a 12:00 | 12:00 a 13:00 | 13:00 a 14:00 | 14:00 a 15:00 | 15:00 a 16:00 | 16:00 a 17:00 | 17:00 a 18:00 | 18:00 a 19:00 | 19:00 a 20:00 | 20:00 a 21:00 | 21:00 a 22:00 | 22:00 a 23:00 | 23:00 a 24:00 |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| dilluns | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27 | 40 | 53 | 60 | 53 | 46 | 27 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| dimarts | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 28 | 33 | 27 | 53 | 53 | 60 | 27 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| dimecres | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 | 53 | 33 | 63 | 63 | 53 | 40 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| dijous | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 60 | 46 | 60 | 53 | 53 | 20 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| divendres | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 46 | 40 | 60 | 60 | 53 | 20 | 10 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DIA MIG ENTRESETMANA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29 | 46,4 | 39,8 | 59,2 | 56,4 | 53 | 26,8 | 7,6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

7.2 Evolución de las temperaturas del edificio

Las graficas y los datos de la evolución de las temperaturas y de la humedad relativa de los espacios tomadas durante los meses de Mayo de 2009 a Enero de 2010, están detalladas en la carpeta Seguiment i control confort, anexa a este documento.



| Semana del 30 Nov al 6 de Dic del 2009 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|------|-------|-------|------|----------|-------|------|-------|-------|------|--------------------|-------|-----|-------|-------|------|--------------------------|-------|-----|---|------|-----|-----------|------|-----|---|--|--|-------|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|-----------|
| SERVIDE DE PERSONAL SUR | | | | | | AULA 215 | | | | | | PREVENIO DE RISCOS | | | | | | SERVIDE DE PERSONAL NORD | | | | | | PATRIMONI | | | | | | CITES | | | | | | GEOS | | | | | | Temp. Ext |
| DATE | TIME | SHr | C | TIME | SHr | C | TIME | SHr | C | TIME | SHr | C | TIME | SHr | C | TIME | SHr | C | TIME | SHr | C | TIME | SHr | C | TIME | SHr | C | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30-11-09 | 0:00 | 47.6 | 15.3 | 0:00 | 44.6 | 13.8 | 0:00 | 36.3 | 23.1 | 0:00 | 52.1 | 15 | 0:00 | | | 0:00 | 36.7 | 23.4 | 0:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0:30 | 47.7 | 15.7 | 0:30 | 44.6 | 13.8 | 0:30 | 36.1 | 23.1 | 0:30 | 52.1 | 14.7 | 0:30 | | | 0:30 | 36.4 | 23.4 | 0:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1:00 | 47.8 | 15.6 | 1:00 | 44.6 | 13.7 | 1:00 | 35.9 | 23 | 1:00 | 52.4 | 14.7 | 1:00 | | | 1:00 | 36.2 | 23.3 | 1:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1:30 | 48.1 | 15.3 | 1:30 | 44.6 | 13.7 | 1:30 | 35.8 | 23 | 1:30 | 52.8 | 14.4 | 1:30 | | | 1:30 | 36 | 23.3 | 1:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2:00 | 48.2 | 15.2 | 2:00 | 44.5 | 13.7 | 2:00 | 35.7 | 23 | 2:00 | 52.7 | 14.4 | 2:00 | | | 2:00 | 35.9 | 23.3 | 2:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2:30 | 48.3 | 15.1 | 2:30 | 44.4 | 13.7 | 2:30 | 35.7 | 23 | 2:30 | 52.9 | 14.4 | 2:30 | | | 2:30 | 35.6 | 23.2 | 2:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3:00 | 48.5 | 15.1 | 3:00 | 44.4 | 13.6 | 3:00 | 35.6 | 22.9 | 3:00 | 53 | 14.4 | 3:00 | | | 3:00 | 35.6 | 23.2 | 3:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3:30 | 48.7 | 15 | 3:30 | 44.2 | 13.6 | 3:30 | 35.5 | 22.9 | 3:30 | 52.8 | 14.5 | 3:30 | | | 3:30 | 35.5 | 23.2 | 3:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4:00 | 48.9 | 15 | 4:00 | 44.2 | 13.6 | 4:00 | 35.6 | 22.8 | 4:00 | 52.8 | 14.5 | 4:00 | | | 4:00 | 35.5 | 23.1 | 4:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4:30 | 49 | 15.3 | 4:30 | 44.1 | 13.6 | 4:30 | 35.5 | 22.8 | 4:30 | 52.6 | 14.6 | 4:30 | | | 4:30 | 35.5 | 23.1 | 4:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5:00 | 49.8 | 15.8 | 5:00 | 44.1 | 13.5 | 5:00 | 35.5 | 22.8 | 5:00 | 52.1 | 14.4 | 5:00 | | | 5:00 | 35.5 | 23.1 | 5:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5:30 | 48.3 | 15.8 | 5:30 | 43.9 | 13.5 | 5:30 | 35.3 | 22.7 | 5:30 | 52 | 14.3 | 5:30 | | | 5:30 | 35.3 | 23 | 5:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6:00 | 48.1 | 15.7 | 6:00 | 43.8 | 13.4 | 6:00 | 35 | 22.7 | 6:00 | 51.6 | 14.4 | 6:00 | | | 6:00 | 34.8 | 23 | 6:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6:30 | 47.7 | 15.8 | 6:30 | 43.7 | 13.4 | 6:30 | 34.7 | 22.6 | 6:30 | 51.1 | 14.6 | 6:30 | | | 6:30 | 34.3 | 22.9 | 6:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7:00 | 47.1 | 15.9 | 7:00 | 43.5 | 13.4 | 7:00 | 35.1 | 22.5 | 7:00 | 50.4 | 14.8 | 7:00 | | | 7:00 | 34.6 | 23 | 7:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7:30 | 47 | 15.8 | 7:30 | 40.5 | 13.2 | 7:30 | 31.7 | 22.3 | 7:30 | 50.2 | 14.9 | 7:30 | | | 7:30 | 33.4 | 22.8 | 7:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 8:00 | 47.7 | 15.9 | 8:00 | 39.4 | 13.1 | 8:00 | 31.4 | 22.2 | 8:00 | 50.4 | 15.2 | 8:00 | | | 8:00 | 33.6 | 22.9 | 8:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 8:30 | 47.1 | 16.7 | 8:30 | 38.9 | 13 | 8:30 | 31.4 | 22.2 | 8:30 | 49.6 | 15.6 | 8:30 | | | 8:30 | 34 | 23.2 | 8:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 9:00 | 44.2 | 18.3 | 9:00 | 39 | 13.3 | 9:00 | 32.2 | 22.6 | 9:00 | 46.1 | 16.9 | 9:00 | | | 9:00 | 30.2 | 23 | 9:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 9:30 | 40.4 | 21.9 | 9:30 | 39.1 | 13.5 | 9:30 | 31.8 | 22 | 9:30 | 43.1 | 22 | 9:30 | | | 9:30 | 29.4 | 23.5 | 9:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10:00 | 36.5 | 24.9 | 10:00 | 39.5 | 13.4 | 10:00 | 31.6 | 23.5 | 10:00 | 39.4 | 24 | 10:00 | | | 10:00 | 30.8 | 24.1 | 10:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10:30 | 33.6 | 26.4 | 10:30 | 39.5 | 13.4 | 10:30 | 31.3 | 23.7 | 10:30 | 36.9 | 23.9 | 10:30 | | | 10:30 | 30 | 24.3 | 10:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 11:00 | 31.6 | 26 | 11:00 | 39.5 | 13.4 | 11:00 | 31.1 | 23.7 | 11:00 | 36.5 | 22.9 | 11:00 | | | 11:00 | 29.8 | 24.6 | 11:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 11:30 | 31.5 | 25.7 | 11:30 | 39.6 | 13.4 | 11:30 | 30.4 | 23.9 | 11:30 | 36.4 | 23.9 | 11:30 | | | 11:30 | 28.8 | 24.7 | 11:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 12:00 | 31 | 26.6 | 12:00 | 39.7 | 13.4 | 12:00 | 29.8 | 24.2 | 12:00 | 36.1 | 23.6 | 12:00 | | | 12:00 | 28.3 | 25.1 | 12:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 12:30 | 31.4 | 25.9 | 12:30 | 39.8 | 13.3 | 12:30 | 29.6 | 24.1 | 12:30 | 35.4 | 23.3 | 12:30 | | | 12:30 | 27.4 | 25.2 | 12:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 13:00 | 31.5 | 25.6 | 13:00 | 39.9 | 13.4 | 13:00 | 29.5 | 24 | 13:00 | 35.5 | 23 | 13:00 | | | 13:00 | 27.3 | 25.3 | 13:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 13:30 | 31.3 | 24.7 | 13:30 | 40.6 | 13.6 | 13:30 | 29.2 | 23.9 | 13:30 | 35.5 | 22.9 | 13:30 | | | 13:30 | 27.1 | 25.2 | 13:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 14:00 | 31.6 | 24.1 | 14:00 | 41.1 | 13.8 | 14:00 | 29.2 | 23.9 | 14:00 | 35.7 | 22 | 14:00 | | | 14:00 | 27.1 | 25.1 | 14:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 14:30 | 32.5 | 23.6 | 14:30 | 41.5 | 13.9 | 14:30 | 28.9 | 23.8 | 14:30 | 35.3 | 21.9 | 14:30 | | | 14:30 | 27 | 24.6 | 14:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15:00 | 32.2 | 23.2 | 15:00 | 41.5 | 13.7 | 15:00 | 29.2 | 23.7 | 15:00 | 35.5 | 21.5 | 15:00 | | | 15:00 | 27.2 | 24.3 | 15:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15:30 | 32.4 | 22.7 | 15:30 | 41.4 | 13.5 | 15:30 | 28.5 | 23.5 | 15:30 | 35 | 21.4 | 15:30 | | | 15:30 | 27.5 | 24.3 | 15:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16:00 | 32.7 | 22.2 | 16:00 | 41.2 | 13.4 | 16:00 | 28.3 | 23.4 | 16:00 | 35.6 | 21 | 16:00 | | | 16:00 | 27.9 | 24.2 | 16:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16:30 | 33.3 | 22.3 | 16:30 | 41.2 | 13.4 | 16:30 | 28.9 | 23.3 | 16:30 | 35.4 | 21.9 | 16:30 | | | 16:30 | 27.3 | 24 | 16:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17:00 | 32.4 | 23.4 | 17:00 | 41 | 13.4 | 17:00 | 29.2 | 23.5 | 17:00 | 34.9 | 22.3 | 17:00 | | | 17:00 | 28.2 | 24.1 | 17:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17:30 | 31.3 | 24 | 17:30 | 40.9 | 13.4 | 17:30 | 29.2 | 23.6 | 17:30 | 35.8 | 21.9 | 17:30 | | | 17:30 | 28.5 | 24 | 17:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18:00 | 30.6 | 23.6 | 18:00 | 40.7 | 13.4 | 18:00 | 29.2 | 23.7 | 18:00 | 34 | 21.5 | 18:00 | | | 18:00 | 28.7 | 24 | 18:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18:30 | 30.9 | 23.6 | 18:30 | 40.6 | 13.4 | 18:30 | 28.9 | 23.7 | 18:30 | 32.5 | 21.6 | 18:30 | | | 18:30 | 28.6 | 24 | 18:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19:00 | 30.4 | 23.3 | 19:00 | 40.4 | 13.3 | 19:00 | 28.7 | 23.8 | 19:00 | 33.9 | 20.3 | 19:00 | | | 19:00 | 28.1 | 23.9 | 19:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19:30 | 31.2 | 22.2 | 19:30 | 40.4 | 13.3 | 19:30 | 28.4 | 23.8 | 19:30 | 34.9 | 19.6 | 19:30 | | | 19:30 | 28.2 | 23.9 | 19:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20:00 | 32.1 | 21.5 | 20:00 | 40.3 | 13.2 | 20:00 | 28.1 | 23.7 | 20:00 | 35.4 | 19.3 | 20:00 | | | 20:00 | 28.4 | 23.6 | 20:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20:30 | 32.6 | 21.2 | 20:30 | 40.2 | 13.3 | 20:30 | 28.6 | 23.5 | 20:30 | 35.6 | 19.1 | 20:30 | | | 20:30 | 28.5 | 23.7 | 20:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21:00 | 32.7 | 20.9 | 21:00 | 40.1 | 13.3 | 21:00 | 28.9 | 23.4 | 21:00 | 35.6 | 18.5 | 21:00 | | | 21:00 | 28.7 | 23.7 | 21:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21:30 | 33 | 20.4 | 21:30 | 39.9 | 13.3 | 21:30 | 28.8 | 23.3 | 21:30 | 36.1 | 18.4 | 21:30 | | | 21:30 | 28.4 | 23.6 | 21:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22:00 | 33 | 20.2 | 22:00 | 39.9 | 13.4 | 22:00 | 28 | 23.2 | 22:00 | 36.3 | 17.8 | 22:00 | | | 22:00 | 28.3 | 23.5 | 22:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22:30 | 33.3 | 19.6 | 22:30 | 39.9 | 13.3 | 22:30 | 28.8 | 23.1 | 22:30 | 37 | 17 | 22:30 | | | 22:30 | 27.6 | 23.4 | 22:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23:00 | 33.8 | 19.1 | 23:00 | 39.7 | 13.2 | 23:00 | 28.8 | 23 | 23:00 | 37.6 | 16.6 | 23:00 | | | 23:00 | 28 | 23.3 | 23:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

7.3 Consumos de gas del edificio

A continuación se detallan los datos de los consumos de gas tomados diariamente por las personas de mantenimiento durante los meses de Abril, Mayo, Junio, Julio, Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre de 2009 y el mes de Enero de 2010.

| Abr-09 | LECTURA | CONSUM |
|------------|---------|--------|
| 01/04/2990 | | |
| 02/04/2009 | 868.028 | |
| 03/04/2009 | 868.200 | 172 |
| 04/04/2009 | | |
| 05/04/2009 | | |
| 06/04/2009 | 868.524 | 324 |
| 07/04/2009 | 868.639 | 115 |
| 08/04/2009 | 868.828 | 189 |
| 09/04/2009 | 868.992 | 164 |
| 10/04/2009 | | |
| 11/04/2009 | | |
| 12/04/2009 | | |
| 13/04/2009 | | |
| 14/04/2009 | 869.625 | 633 |
| 15/04/2009 | 869.731 | 106 |
| 16/04/2009 | 869.968 | 237 |
| 17/04/2009 | 870.158 | 190 |
| 18/04/2009 | | |
| 19/04/2009 | | |
| 20/04/2009 | 870.456 | 298 |
| 21/04/2009 | 870.523 | 67 |
| 22/04/2009 | 870.558 | 35 |
| 23/04/2009 | 870.642 | 84 |
| 24/04/2009 | 870.734 | 92 |
| 25/04/2009 | | |
| 26/04/2009 | | |
| 27/04/2009 | 870.936 | 202 |
| 28/04/2009 | 871.008 | 72 |
| 29/04/2009 | 871.008 | 0 |
| 30/04/2009 | 871.008 | 0 |

| May-09 | LECTURA | CONSUM |
|----------|---------|--------|
| 02/05/09 | 0 | |
| 03/05/09 | 0 | |
| 04/05/09 | 871.008 | 0 |
| 05/05/09 | 871.161 | 153 |
| 06/05/09 | 871.261 | 100 |
| 07/05/09 | 871.382 | 121 |
| 08/05/09 | 871.767 | 385 |
| 09/05/09 | | |
| 10/05/09 | | 0 |
| 11/05/09 | 872.491 | 724 |
| 12/05/09 | 872.838 | 347 |
| 13/05/09 | 873.264 | 426 |
| 14/05/09 | 873.531 | 267 |
| 15/05/09 | 873.875 | 344 |
| 16/05/09 | | |
| 17/05/09 | | 0 |
| 18/05/09 | 874.606 | 731 |
| 19/05/09 | 874.958 | 352 |
| 20/05/09 | 875.154 | 196 |
| 21/05/09 | 875.363 | 209 |
| 22/05/09 | 875.763 | 400 |
| 23/05/09 | | |
| 24/05/09 | | |
| 25/05/09 | 876.061 | 298 |
| 26/05/09 | 876.202 | 141 |
| 27/05/09 | 876.376 | 174 |
| 28/05/09 | 876.540 | 164 |
| 29/05/09 | 876.796 | 256 |

| Jun-09 | LECTURA | CONSUM |
|----------|---------|--------|
| 02/06/09 | 877.254 | 458 |
| 03/06/09 | 877.461 | 207 |
| 04/06/09 | 877.709 | 248 |
| 05/06/09 | 877.976 | 267 |
| 06/06/09 | | |
| 07/06/09 | | |
| 08/06/09 | 878.315 | 339 |
| 09/06/09 | 878.473 | 158 |
| 10/06/09 | 878.650 | 177 |
| 11/06/09 | 878.886 | 236 |
| 12/06/09 | 879.194 | 308 |
| 13/06/09 | | |
| 14/06/09 | | |
| 15/06/09 | 880.003 | 809 |
| 16/06/09 | 880.388 | 385 |
| 17/06/09 | 880.858 | 470 |
| 18/06/09 | 881.347 | 489 |
| 19/06/09 | 881.974 | 627 |
| 20/06/09 | | |
| 21/06/09 | | |
| 22/06/09 | 882.572 | 598 |
| 23/06/09 | 883.032 | 460 |
| 24/06/09 | | |
| 25/06/09 | 883.505 | 473 |
| 26/06/09 | 883.989 | 484 |
| 27/06/09 | | |
| 28/06/09 | | |
| 29/06/09 | 885.572 | 1.583 |
| 30/06/09 | 886.024 | 452 |

| Jul-09 | LECTURA | CONSUM |
|------------|---------|--------|
| 01/07/2009 | 886658 | 634 |
| 02/07/2009 | 887012 | 354 |
| 03/07/2009 | 887506 | 494 |
| 04/07/2009 | | |
| 05/07/2009 | | |
| 06/07/2009 | 888435 | 929 |
| 07/07/2009 | 888894 | 459 |
| 08/07/2009 | 889255 | 361 |
| 09/07/2009 | 889372 | 117 |
| 10/07/2009 | 889525 | 153 |
| 11/07/2009 | | |
| 12/07/2009 | | |
| 13/07/2009 | 889989 | 464 |
| 14/07/2009 | 891119 | 1130 |
| 15/07/2009 | 891464 | 345 |
| 16/07/2009 | 892033 | 569 |
| 17/07/2009 | 892248 | 215 |
| 18/07/2009 | | |
| 19/07/2009 | | |
| 20/07/2009 | 892878 | 630 |
| 21/07/2009 | 893072 | 194 |
| 22/07/2009 | 893591 | 519 |
| 23/07/2009 | 894202 | 611 |
| 24/07/2009 | 894663 | 461 |
| 25/07/2009 | | |
| 26/07/2009 | | |
| 27/07/2009 | 895545 | 882 |
| 28/07/2009 | 896002 | 457 |
| 29/07/2009 | 896644 | 642 |
| 30/07/2009 | 897003 | 359 |
| 31/07/2009 | 897479 | 476 |

| Sep-09 | LECTURA | CONSUM |
|------------|---------|--------|
| 01/09/2009 | 904881 | |
| 02/09/2009 | 905183 | 302 |
| 03/09/2009 | 905801 | 618 |
| 04/09/2009 | 906282 | 481 |
| 05/09/2009 | | |
| 06/09/2009 | | |
| 07/09/2009 | 907198 | 916 |
| 08/09/2009 | 907538 | 340 |
| 09/09/2009 | 907861 | 323 |
| 10/09/2009 | 908136 | 275 |
| 11/09/2009 | | |
| 12/09/2009 | | |
| 13/09/2009 | | |
| 14/09/2009 | 908967 | 831 |
| 15/09/2009 | 909244 | 277 |
| 16/09/2009 | 909404 | 160 |
| 17/09/2009 | 909586 | 182 |
| 18/09/2009 | 909744 | 158 |
| 19/09/2009 | | |
| 20/09/2009 | | |
| 21/09/2009 | 909921 | 177 |
| 22/09/2009 | 910038 | 117 |
| 23/09/2009 | 910230 | 192 |
| 24/09/2009 | | |
| 25/09/2009 | 910642 | 412 |
| 26/09/2009 | | |
| 27/09/2009 | | |
| 28/09/2009 | 911053 | 411 |
| 29/09/2009 | 911412 | 359 |
| 30/09/2009 | 911670 | 258 |

| Oct-09 | LECTURA | CONSUM |
|------------|---------|--------|
| 01/10/2009 | | |
| 02/10/2009 | | |
| 03/10/2009 | | |
| 04/10/2009 | | |
| 05/10/2009 | | |
| 06/10/2009 | | |
| 07/10/2009 | 912992 | 1322 |
| 08/10/2009 | 913261 | 269 |
| 09/10/2009 | 913553 | 292 |
| 10/10/2009 | | |
| 11/10/2009 | | |
| 12/10/2009 | | |
| 13/10/2009 | 914176 | 623 |
| 14/10/2009 | 914329 | 153 |
| 15/10/2009 | 914466 | 137 |
| 16/10/2009 | 914615 | 149 |
| 17/10/2009 | | |
| 18/10/2009 | | |
| 19/10/2009 | 914887 | 272 |
| 20/10/2009 | 915195 | 308 |
| 21/10/2009 | 915547 | 352 |
| 22/10/2009 | 915846 | 299 |
| 23/10/2009 | 916171 | 325 |
| 24/10/2009 | | |
| 25/10/2009 | | |
| 26/10/2009 | 916712 | 541 |
| 27/10/2009 | 916972 | 260 |
| 28/10/2009 | 917325 | 353 |
| 29/10/2009 | 917629 | 304 |
| 30/10/2009 | 917990 | 361 |
| 31/10/2009 | | |

| Nov-09 | LECTURA | CONSUM |
|------------|---------|--------|
| 01/11/2009 | | |
| 02/11/2009 | 918565 | 575 |
| 03/11/2009 | 918743 | 178 |
| 04/11/2009 | 918993 | 250 |
| 05/11/2009 | 919261 | 268 |
| 06/11/2009 | 919487 | 226 |
| 07/11/2009 | | |
| 08/11/2009 | | |
| 09/11/2009 | 919986 | 499 |
| 10/11/2009 | 920340 | 354 |
| 11/11/2009 | 920691 | 351 |
| 12/11/2009 | 921051 | 360 |
| 13/11/2009 | 921381 | 330 |
| 14/11/2009 | | |
| 15/11/2009 | | |
| 16/11/2009 | 922024 | 643 |
| 17/11/2009 | 922338 | 314 |
| 18/11/2009 | 922665 | 327 |
| 19/11/2009 | 922992 | 327 |
| 20/11/2009 | 923294 | 302 |
| 21/11/2009 | | |
| 22/11/2009 | | |
| 23/11/2009 | 923947 | 653 |
| 24/11/2009 | 924212 | 265 |
| 25/11/2009 | 924560 | 348 |
| 26/11/2009 | 924843 | 283 |
| 27/11/2009 | 925141 | 298 |
| 28/11/2009 | | |
| 29/11/2009 | | |
| 30/11/2009 | 925543 | 402 |

| Dic-09 | LECTURA | CONSUM |
|------------|---------|--------|
| 01/12/2009 | 925845 | 302 |
| 02/12/2009 | 926315 | 470 |
| 03/12/2009 | 926429 | 114 |
| 04/12/2009 | 926689 | 260 |
| 05/12/2009 | | |
| 06/12/2009 | | |
| 07/12/2009 | 927176 | 487 |
| 08/12/2009 | | |
| 09/12/2009 | 927696 | 520 |
| 10/12/2009 | 927871 | 175 |
| 11/12/2009 | 928065 | 194 |
| 12/12/2009 | | |
| 13/12/2009 | | |
| 14/12/2009 | 928577 | 512 |
| 15/12/2009 | 928963 | 386 |
| 16/12/2009 | 929450 | 487 |
| 17/12/2009 | 929975 | 525 |
| 18/12/2009 | 930486 | 511 |
| 19/12/2009 | | |
| 20/12/2009 | | |
| 21/12/2009 | 931405 | 919 |
| 22/12/2009 | 931949 | 544 |
| 23/12/2009 | 932365 | 416 |
| 24/12/2009 | 932759 | 394 |
| 25/12/2009 | | |
| 26/12/2009 | | |
| 27/12/2009 | | |
| 28/12/2009 | 933880 | 1121 |
| 29/12/2009 | 934293 | 413 |
| 30/12/2009 | 934577 | 284 |
| 31/12/2009 | 934825 | 248 |

| Ene-10 | LECTURA | CONSUM |
|------------|---------|--------|
| 01/01/2010 | | |
| 02/01/2010 | | |
| 03/01/2010 | | |
| 04/01/2010 | 936042 | 1217 |
| 05/01/2010 | 936719 | 677 |
| 06/01/2010 | | |
| 07/01/2010 | 937231 | 512 |
| 08/01/2010 | 937745 | 514 |
| 09/01/2010 | | |
| 10/01/2010 | | |
| 11/01/2010 | 938860 | 1115 |
| 12/01/2010 | 939647 | 787 |
| 13/01/2010 | 939910 | 263 |
| 14/01/2010 | 940205 | 295 |
| 15/01/2010 | 940925 | 720 |
| 16/01/2010 | | |
| 17/01/2010 | | |
| 18/01/2010 | 941504 | 579 |
| 19/01/2010 | 941897 | 393 |
| 20/01/2010 | 942469 | 572 |
| 21/01/2010 | 942740 | 271 |
| 22/01/2010 | 943264 | 524 |
| 23/01/2010 | | |
| 24/01/2010 | | |
| 25/01/2010 | 943789 | 525 |
| 26/01/2010 | 944194 | 405 |
| 27/01/2010 | 944590 | 396 |
| 28/01/2010 | 944922 | 332 |
| 29/01/2010 | 945310 | 388 |
| 30/01/2010 | | |
| 31/01/2010 | | |

7.4 Índice de tablas

| | |
|--|-----|
| Tabla 1. Usos y actividades del edificio..... | 14 |
| Tabla 2. Especificaciones de los materiales del edificio planta Sótano 4..... | 16 |
| Tabla 3. Especificaciones muros fachada | 17 |
| Tabla 4. Especificaciones muros divisorios | 17 |
| Tabla 5. Especificaciones muros pantalla | 17 |
| Tabla 6. Especificaciones cubierta invertida | 18 |
| Tabla 7. Especificaciones cubierta | 18 |
| Tabla 8. Especificaciones forjado interior | 19 |
| Tabla 9. Especificaciones forjado parking..... | 19 |
| Tabla 10. Especificaciones ventanas..... | 19 |
| Tabla 11. Ficha técnica Climatizadores | 24 |
| Tabla 12. Ficha técnica Climatizadores | 24 |
| Tabla 13. Ficha técnica Fancoils..... | 24 |
| Tabla 14. Especificaciones de as máquinas de climatización | 25 |
| Tabla 15. Especificación de luminarias del edificio | 27 |
| Tabla 16. Parámetros de iluminación..... | 27 |
| Tabla 17. Comparación valores transmitancia térmica..... | 63 |
| Tabla 18. Cargas internas según uso..... | 68 |
| Tabla 19. Renovación de aire según uso..... | 68 |
| Tabla 20. Demanda calórica en un día punta (kW) | 82 |
| Tabla 21. Potencia disponible de los sistemas de climatización | 82 |
| Tabla 22. Parámetros utilizados para el cálculo aproximado del consumo de los ordenadores. Fuente: Elaboración propia..... | 99 |
| Tabla 23. Cálculo aproximado del consumo eléctrico total de los ordenadores | 100 |
| Tabla 24. Cálculo aproximado del consumo eléctrico de las luminarias de los espacios de estudio. Fuente: Elaboración propia..... | 100 |
| Tabla 25. Cálculo aproximado de ahorro en el consumo de ordenadores | 121 |
| Tabla 26. Cálculo aproximado de ahorro en el consumo de luminarias | 123 |
| Tabla 27. Cálculo aproximado de ahorro en el consumo de ordenadores | 124 |

7.5 Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Localización espacios de estudio. Planta Sótano 2 | 7 |
| Figura 2 . Localización espacios de estudio. Planta nivel +1 | 8 |
| Figura 3. Localización espacios de estudio. Planta nivel +2 | 8 |
| Figura 4. Localización espacios de estudio. Planta nivel +3 | 9 |
| Figura 5. Localización edificio Vértex | 10 |
| Figura 6. Planta arquitectónica Sótano -3 | 11 |
| Figura 7. Planta arquitectónica Sótano -2 | 11 |
| Figura 8. Planta arquitectónica Planta Baja | 12 |
| Figura 9. Planta arquitectónica Planta +1 | 12 |
| Figura 10. Planta arquitectónica Planta Cubiertas | 13 |
| Figura 11. Sección Longitudinal | 13 |
| Figura 12. Sección Transversal | 13 |
| Figura 13. Usos y actividades del edificio..... | 14 |
| Figura 14. Especificaciones muros fachada | 17 |
| Figura 15. Especificaciones muros divisorios | 17 |
| Figura 16. Especificaciones muros pantalla | 18 |
| Figura 17. Especificaciones cubierta invertida..... | 18 |
| Figura 18. Especificaciones cubierta | 18 |
| Figura 19. Especificaciones forjado interior | 19 |
| Figura 20. Especificaciones forjado parking..... | 19 |

| | |
|---|----|
| Figura 21. Secciones tipo fachada | 20 |
| Figura 22. Localización sistemas de climatización | 21 |
| Figura 23. Ramales fancoils Planta 1 | 22 |
| Figura 24. Sistema de renovación de aire | 23 |
| Figura 25. Distribución de los ramales de los Fancoils..... | 23 |
| Figura 26. Distribución luminarias planta 2 | 26 |
| Figura 27. Perfil teórico de ocupación despachos. Fuente: Elaboración propia..... | 29 |
| Figura 28. Perfil teórico de ocupación salas de reuniones. Fuente: Elaboración propia | 30 |
| Figura 29. Perfil teórico de ocupación Aulas teóricas. Fuente: Elaboración propia.... | 31 |
| Figura 30. Perfil teórico de ocupación salas de actos. Fuente: Elaboración propia... | 32 |
| Figura 31. Perfil de ocupación teórico del edificio | 33 |
| Figura 32. Consumo histórico edificio Vértex (2004 - 2008)..... | 34 |
| Figura 33. Consumo mensual edificio Vértex año 2008 | 35 |
| Figura 34. Perfil de consumo mensual on-line (Marzo 2009)..... | 36 |
| Figura 35. Perfil de consumo semanal on-line (semana del 30 de Nov. al 6 de Dic. de 2009) | 37 |
| Figura 36. Consumo de gas edificio Vértex (Abril 2009 - Enero 2010)..... | 38 |
| Figura 37. Datos estadísticos climatológicos (período 1971-2000)..... | 39 |
| Figura 38. Ubicación de los aparatos de medición CITIES Y GEOS | 40 |
| Figura 39. Ubicación de los aparatos de medición Servei de Personal y Servei de desenvolupament Profesional | 41 |
| Figura 40. Ubicación de los aparatos de medición Servei de Prevenció de riscos Laborals | 41 |
| Figura 41. Ubicación de los aparatos de medición Aula 215..... | 41 |
| Figura 42. Ubicación de los aparatos de medición Servei de Patrimoni | 42 |
| Figura 43. Gráfica semanal de temperaturas..... | 43 |
| Figura 44. Explicación Día tipo de la gráfica semanal de temperaturas | 43 |
| Figura 45. Gráfica semanal de Humedad relativa..... | 44 |
| Figura 46. Explicación Día tipo de la gráfica semanal de Humedad relativa | 44 |
| Figura 47. Temperaturas Semana del 11 al 17 de Mayo de 2009. Fuente: Elaboración propia | 45 |
| Figura 48. Humedad relativa Semana del 11 al 17 de Mayo de 2009. Fuente: Elaboración propia..... | 46 |
| Figura 49. Temperaturas Semana del 15 al 21 de Junio de 2009. Fuente: Elaboración propia | 47 |
| Figura 50. Humedad relativa Semana del 15 al 21 de Junio de 2009. Fuente: Elaboración propia..... | 48 |
| Figura 51. Temperaturas Semana del 13 al 19 de Julio de 2009. Fuente: Elaboración propia | 49 |
| Figura 52. Humedad relativa Semana del 13 al 19 de Julio de 2009. Fuente: Elaboración propia..... | 50 |
| Figura 53. Temperaturas Semana del 3 al 9 de Agosto de 2009. Fuente: Elaboración propia | 51 |
| Figura 54. Humedad relativa Semana del 3 al 9 de Agosto de 2009. Fuente: Elaboración propia..... | 52 |
| Figura 55. Temperaturas Semana del 14 al 20 de Septiembre de 2009. Fuente: Elaboración propia..... | 53 |
| Figura 56. Humedad relativa Semana del 14 al 20 de Septiembre de 2009. Fuente: Elaboración propia..... | 54 |
| Figura 57. Temperaturas Semana del 19 al 25 de Octubre de 2009. Fuente: Elaboración propia..... | 55 |
| Figura 58. Humedad relativa Semana del 19 al 25 de Octubre de 2009. Fuente: Elaboración propia..... | 56 |

| | |
|---|----|
| Figura 59. Temperaturas Semana del 16 al 22 de Noviembre de 2009. Fuente: Elaboración propia..... | 57 |
| Figura 60. Humedad relativa Semana del 16 al 22 de Noviembre de 2009. Fuente: Elaboración propia..... | 58 |
| Figura 61. Temperaturas Semana del 7 al 13 de Diciembre de 2009. Fuente: Elaboración propia..... | 59 |
| Figura 62. Humedad relativa Semana del 7 al 13 de Diciembre de 2009. Fuente: Elaboración propia..... | 60 |
| Figura 63. Temperaturas Semana del 4 al 10 de Enero de 2010. Fuente: Elaboración propia | 61 |
| Figura 64. Humedad relativa Semana del 4 al 10 de Enero de 2010. Fuente: Elaboración propia..... | 62 |
| Figura 65. Trayectoria solar. Fuente: Elaboración propia | 64 |
| Figura 66. Explicación carta estereográfica | 64 |
| Figura 67. Zonificación espacios LIDER planta nivel 2 | 68 |
| Figura 68. Vista general del edificio - LIDER..... | 70 |
| Figura 69. Vista general del edificio - LIDER..... | 70 |
| Figura 70. Vista en planta del edificio – LIDER. Fuente: Elaboración propia | 71 |
| Figura 71. Resultados LIDER | 71 |
| Figura 72. Climatización mensual edificio. Fuente: Elaboración propia | 72 |
| Figura 73. Balance por concepto. Fuente: Elaboración propia | 72 |
| Figura 74. Aportes solares. Fuente: Elaboración propia | 73 |
| Figura 75. Transmisión ventanas. Fuente: Elaboración propia..... | 73 |
| Figura 76. Aportes fuentes internas..... | 74 |
| Figura 77. Resultados LIDER. Demanda necesaria de refrigeración por zonas. Fuente: Elaboración propia..... | 75 |
| Figura 78. Demanda necesaria de calefacción por zonas. Fuente: Elaboración propia | 76 |
| Figura 79. Potencia térmica disponible por plantas. Fuente: Elaboración propia | 77 |
| Figura 80. Potencia térmica disponible frío..... | 78 |
| Figura 81. Potencia térmica disponible calor | 79 |
| Figura 82. Potencia térmica disponible calor. Planta -1..... | 80 |
| Figura 83. Potencia térmica disponible calor. Planta +2 | 80 |
| Figura 84. Potencia térmica disponible frío. Planta -1..... | 81 |
| Figura 85. Potencia térmica disponible frío. Planta +2..... | 81 |
| Figura 86. Análisis iluminación natural CITIES Fuente: Elaboración propia..... | 84 |
| Figura 87. Análisis iluminación natural GEOS Fuente: Elaboración propia..... | 85 |
| Figura 88. Análisis iluminación natural Servei de personal Fuente: Elaboración propia | 86 |
| Figura 89. Análisis iluminación natural servei de prevenció de riscos laborals Fuente: Elaboración propia..... | 87 |
| Figura 90. Análisis iluminación natural Servei de patrimoni Fuente: Elaboración propia | 88 |
| Figura 91. Análisis iluminación natural Aula 215 Fuente: Elaboración propia | 89 |
| Figura 92. Análisis iluminación artificial CITIES..... | 90 |
| Figura 93. Análisis iluminación artificial GEOS | 90 |
| Figura 94. Análisis iluminación artificial Servei de personal | 91 |
| Figura 95. Análisis iluminación artificial Servei de prevenció de riscos laborals | 91 |
| Figura 96. Análisis iluminación artificial Servei de patrimoni..... | 92 |
| Figura 97. Análisis iluminación artificial Aula 215..... | 92 |
| Figura 98. Perfil real de Ocupación CITIES. Jornada reducida..... | 93 |
| Figura 99. Perfil de ocupación real Servei de Personal y Servei Desenvolupament professional. Jornada reducida. Fuente: Elaboración propia..... | 94 |
| Figura 100. Perfil real de Ocupación CITIES. Jornada completa | 94 |

| | |
|--|-----|
| Figura 101. Perfil real de Ocupación Servei de Personal y Servei Desenvolupament professional. Jornada completa. Fuente: Elaboración propia..... | 95 |
| Figura 102. Perfil de ocupación del edificio Jornada reducida. Fuente: Elaboración propia | 96 |
| Figura 103. Perfil de ocupación del edificio Jornada media. Fuente: Elaboración propia | 96 |
| Figura 104. Comparación ocupación teórica y real jornada completa. Servei de prevenció de riscos. Fuente: Elaboración propia | 97 |
| Figura 105. Comparación ocupación teórica y real jornada completa. Servei de personal | 97 |
| Figura 106. Parámetros utilizados para el cálculo aproximado del consumo de los ordenadores | 99 |
| Figura 107. Comparación del consumo eléctrico diario de la semana del 18 al 24 de Enero de 2010. Fuente: Elaboración propia..... | 101 |
| Figura 108. Comparación del consumo eléctrico diario tipo para cada unas de las estaciones del año. Fuente: Elaboración propia | 102 |
| Figura 109. Consumo de gas del edificio. Abril de 2009 | 103 |
| Figura 110. Comparación temperatura vs. ocupación 16 de Junio de 2009. Servei de personal. Fuente: Elaboración propia | 104 |
| Figura 111. Comparación temperatura vs. Ocupación 18 de Junio de 2009. Servei de patrimoni. Fuente: Elaboración propia | 105 |
| Figura 112. Comparación temperatura vs. ocupación 21 de Octubre de 2009. Servei de personal. Fuente: Elaboración propia | 105 |
| Figura 113. Comparación temperatura vs. Ocupación 20 de Octubre de 2009. Servei de patrimoni. Fuente: Elaboración propia..... | 106 |
| Figura 114. Localización fancoils zonas comunes Plantas 01 y 02..... | 109 |
| Figura 115. Comparación comportamiento térmico de dos espacios climatizados... | 112 |
| Figura 116. Seguimiento del comportamiento energético de la Conserjería | 113 |
| Figura 117. Comparación de la demanda necesaria de refrigeración implementando sistemas de protección solar. Fuente: Elaboración propia..... | 117 |
| Figura 118. Propuesta iluminación artificial Aula 215 | 118 |
| Figura 119. Propuesta iluminación artificial Servei de Patrimoni | 119 |
| Figura 120. Propuesta iluminación artificial Servei de Personal | 119 |
| Figura 121. Propuesta aprovechamiento iluminación natural en los despachos..... | 120 |
| Figura 122. Clasificación de los problemas de comportamiento energético detectados en el edificio. Fuente: Elaboración propia | 125 |
| Figura 123. Relación de los problemas de comportamiento energético detectados en el edificio | 126 |

7.6 Índice de Fotografías

| | |
|--|----|
| Fotografía 1. Caldera Viessmen..... | 25 |
| Fotografía 2. Planta enfriadora Climaveneta..... | 25 |
| Fotografía 3. Climatizador..... | 25 |
| Fotografía 4. Bombas de impulsión de frío y calor..... | 25 |